

Ir. C. BAARS

Proefstation voor de Akker- en Weidebouw

Ir. A. W. DE GRAAF

Rijks Zuivel-Agrarische Afvalwaterdienst

J. A. KEUNING

Proefstation voor de Akker- en Weidebouw

LANDBOUWKUNDIGE
EN TECHNISCHE ASPECTEN
VAN HET VERREGENEN
VAN ZUIVELAFVALWATER OP GRASLAND

Publikatie Nr. 14 – september 1960

Gezamenlijke uitgave van het

PROEFSTATION VOOR DE AKKER- EN WEIDEBOUW

en de

RIJKS ZUIVEL-AGRARISCHE AFVALWATERDIENST

I. INLEIDING

De in 1955 aangevangen onderzoekingen over het verregenen van zuivelafvalwater, waarover in 1956 reeds een voorlopig verslag werd uitgebracht (Gestenc. Mededelingen van het C.I.L.O., nr. 19), werden in de jaren 1956 en 1957 voortgezet. Zoals reeds in het genoemde verslag werd opgemerkt, was dit nodig, omdat op grond van de resultaten van één jaar geen gefundeerde conclusies konden worden getrokken.

Het thans verschenen verslag behelst een bespreking van de vele factoren, die invloed uitoefenen op het welslagen van deze zuiveringsmethode van het afvalwater van zuivelfabrieken.

Wij zouden dit rapport in twee delen hebben kunnen splitsen, nl. in de onderwerpen waarin de leiding van de zuivelfabriek het meeste belang stelt en in die, welke van overwegende betekenis zijn voor de gebruiker van het grasland waarop het fabrieksafvalwater wordt versproeid. Om praktische redenen is hiervan afgezien, ook omdat de onderwerpen alle vrij nauw met elkaar verweven zijn.

Toch moet men de landbouwkundige verwerking van zuivelafvalwater en van afvalwater in het algemeen, steeds van deze twee kanten bekijken. Voor de "producent" van het afvalwater is het verregenen van dit water één der methoden van zuivering, die hij in de meeste gevallen slechts dan toepast, wanneer dit voor hem in economische zin, na vergelijking met andere mogelijkheden, het meest aantrekkelijk is. Hij is, althans bij de in ons land tot heden toegepaste organisatievorm, voorts geïnteresseerd in de technische uitvoering van de installaties (het vergaarbekken, de pomp en de beregeningsapparatuur) en bij de vraag of hij te allen tijde zijn afvalwater kan afvoeren.

De "consument" van het afvalwater stelt het meest belang in de aard, de hoeveelheid en de samenstelling van dit water en de te verkrijgen meeropbrengst van zijn land.

Wanneer wij nu zien, dat deze belangen in het algemeen vrij goed met elkaar in overeenstemming zijn te brengen, vooral bij de verregening van zuivelafvalwater, rijst de vraag waarom de landbouwkundige benutting van afvalwater niet op meer uitgebreide schaal wordt toegepast en men liever overgaat tot zuivering van afvalwater door middel van kunstmatige zuiveringsinstallaties. De beantwoording van deze vraag klemmt te meer, omdat in ons land op vele plaatsen de kwaliteit van het openbare water, door lozing van stedelijk rioolwater of industrieel afvalwater, zeer te wensen overlaat, waardoor om verschillende redenen hierin op korte termijn verbetering dient te worden gebracht. Dit wordt thans ook wel algemeen erkend en de drang om in voorkomende gevallen tot onschadelijkmaking van het vuile water over te gaan, is dan ook wel aanwezig. Ten gevolge daarvan hebben wij in de na-oorlogse jaren

een grote activiteit te zien gekregen op dit gebied en zijn tientallen zuiveringsinstallaties in bedrijf gesteld.

Toch is, ondanks de eensgezindheid in opvatting over de waarde van het afvalwater voor bemesting en humus- en watervoorziening van de grond, de landbouwkundige benutting steeds verder teruggedrongen.

Hiervoor zijn meerdere redenen aan te voeren. In vele gevallen staan de gemeentebesturen en hun adviseurs-afvalwatertechnici de wantoestanden van de vroegere bevoeiingsterreinen met de daaraan verbonden stankbezwaren voor ogen. Op andere plaatsen wordt het als een bezwaar gevoeld dat de afvoer (via de riolering) en de onschadelijkmaking van het afvalwater niet in dezelfde hand zijn, terwijl het ook nog al eens voorkomt dat de kosten van landbehandeling aanmerkelijk hoger zijn dan die van kunstmatige zuivering. Dit laatste geldt vooral in vele streken van Nederland waar ten gevolge van de bodemgesteldheid grote oppervlakten grond voor deze behandeling nodig zijn. Ook gevoelsargumenten kunnen dikwijls een rol spelen.

De voornaamste oorzaak van het niet tot stand komen van een landbouwkundige benutting van het afvalwater moeten we echter ongetwijfeld zoeken in de bezwaren van hygiënische aard die hierbij naar voren worden gebracht. Vooral in ons dichtbevolkte land met een volksgezondheid die op het hoogste peil staat, zijn deze bezwaren gewoonlijk van doorslaggevende betekenis. Dit is meestal terecht, doch er zijn ongetwijfeld in Nederland ook nog streken waar deze argumenten weinig steekhoudend kunnen worden genoemd, temeer daar de hygiënist hun afwijzend standpunt dikwijls meer op veronderstellingen dan op bewezen feiten baseren.

De bovengenoemde bezwaren hebben voor zuivelafvalwater nauwelijks betekenis, omdat veterinaire-hygiënische gevaren bijna niet meer bestaan.

Tenslotte is in ons land ook van agrarische zijde weinig belangstelling getoond voor de landbouwkundige benutting van afvalwater en er is slechts sporadisch onderzoek over verricht. Het gebruik van afvalwater wordt door velen van weinig betekenis geacht, omdat slechts een klein gedeelte van de Nederlandse cultuurgrond daarvan zou kunnen profiteren. Het is inderdaad juist dat dit directe voordeel niet groot is, maar er is een ander voordeel dat van grotere betekenis is en dat meestal over het hoofd wordt gezien. Wanneer nl. het versproeien van afvalwater zuiveringstechnisch en landbouwkundig verantwoord is, kan worden verwacht dat eerder tot zuivering van het afvalwater zal worden overgegaan, omdat de methode zeer goedkoop is. Daardoor zal spoediger een einde komen aan de verontreiniging van het oppervlaktewater in de weidegebieden en aan de schade die het weidende vee daarvan ondervindt. Verder zal de agrarische industrie en daarmee ook de Nederlandse landbouw gebaat zijn bij deze goedkope zuiveringsmethode.

De berekening van daarvoor in aanmerking komende cultuurgronden met het afvalwater van zuivelfabrieken verdient daarom alle aandacht en kan in vele

gevallen een doelmatige en in financieel opzicht aantrekkelijke oplossing van het afvalwatervraagstuk voor deze fabrieken vormen. Voor het welslagen dient men echter onvoorwaardelijk de beschikking te hebben over beregeningsterreinen van voldoende oppervlakte.

Dit verslag beoogt een bijdrage te leveren tot het opvullen van de leemte, die in dit opzicht in de Nederlandse landbouwliteratuur bestaat.

Wij hebben gemeend, naast een bespreking van de samenstelling van het zuivelafvalwater en de invloed daarvan op grond en gewas, in dit rapport ook aandacht te moeten besteden aan de verregening van zuivelafvalwater als zuiveringsmethode, terwijl in de laatste hoofdstukken de beregeningsapparatuur en de kosten van de beregening in vergelijking met andere methoden worden behandeld.

Van verschillende kanten werden adviezen ontvangen over de opzet van het onderzoek en de samenstelling van het verslag. Hierbij wordt allen, die hun steun hebben verleend, gaarne dank gezegd, in het bijzonder prof. ir. M. L. 'T HART, hoogleraar in de graslandcultuur aan de Landbouwhogeschool te Wageningen en ir. H. Lolkema, bacterioloog-scheikundige van de Bond van Coöperatieve Zuivelfabrieken in Friesland.

II. DOEL VAN HET ONDERZOEK

Wanneer grasland wordt beregend met zuivelafvalwater waarin alleen resten van volle melk voorkomen, kan men verwachten, dat bij een juiste dosering een ideale bemesting wordt verkregen, daar datgene wat aan de grond is onttrokken, er weer aan wordt toegevoegd. Deze veronderstelling is alleen juist als de mineralen die in de melk voorkomen, in gelijke mate opneembaar zijn voor het gras en ook in gelijke mate worden uitgespoeld.

Nu hebben we in de praktijk niet alleen te maken met resten van volle melk, maar in het afvalwater van boter- en kaasfabrieken treffen we in hoofdzaak resten van ondermelk en wei aan. De mineralenverhouding in wei is geheel anders dan die in volle melk en door toediening van dit afvalwater op grasland wordt geen harmonische bemesting verkregen, maar zal aanvulling met bepaalde meststoffen nodig zijn.

Daar nog nimmer een grondig onderzoek werd ingesteld naar de consequenties van het gebruik van zuivelafvalwater op grasland, werd besloten een dergelijk onderzoek te entameren, met als doel na te gaan:

- a. De chemische samenstelling van het afvalwater van verschillende zuivel-fabrieken
- b. De opneembaarheid voor het gras van de in het afvalwater aanwezige stoffen
- c. De invloed van het afvalwater op de grond
- d. De invloed van het afvalwater op het gewas en via het gras op de gezondheidstoestand van het vee
- e. De toelaatbare regengift, wat de bemesting betreft
- f. De meest geschikte beregeningsapparatuur
- g. De exploitatiekosten van de beregening.

Deze gegevens zijn nodig voor het opstellen van plannen voor installaties voor het verregenen van zuivelafvalwater en voor de voorlichting van de grondgebruikers omtrent de noodzakelijke aanvullende bemesting.

III. UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

In 1955 waren er slechts drie zuivelfabrieken die het afvalwater verregenden. Op de terreinen waar dit afvalwater werd versproeid, werden in de jaren 1955 t/m 1957 waarnemingen verricht. De drie proefvelden lagen op verschillende grondsoorten; verder was er verschil in graslandgebruik en ten slotte waren er ook grote verschillen in de toegediende hoeveelheden afvalwater. Dit was voor een oriënterend onderzoek wel gunstig.

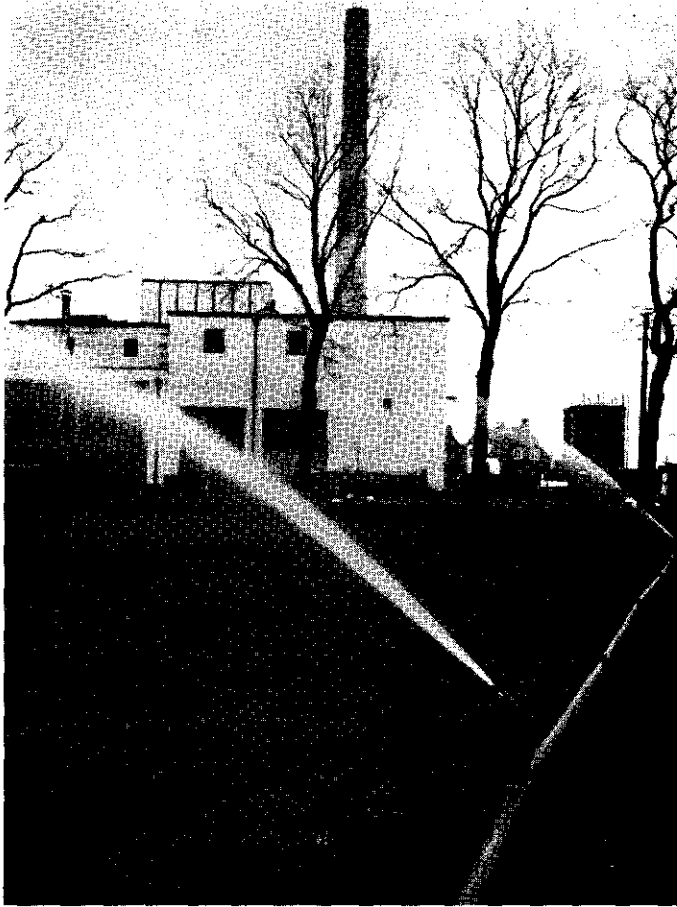


FIG. 1. Versproeien van afvalwater van de zuivelfabriek te Elsloo.

Op deze proefvelden werd nagegaan, hoeveel afvalwater er werd verregend. Daartoe werd op de elektromotor van de beregeningsinstallatie een teller aangebracht, om het aantal draai-uren te bepalen. Verder werd de capaciteit van

de beregeningsinstallatie bepaald. Uit deze beide gegevens kon de verregende hoeveelheid afvalwater worden berekend.

Ook werd nagegaan hoeveel N, K_2O , P_2O_5 en CaO het afvalwater bevatte. Daartoe werd eens per maand door de Rijks Zuivel-Agrarische Afvalwaterdienst een dagmonster van het afvalwater genomen en onderzocht.

Om de invloed op de chemische samenstelling van de grond na te gaan, werden in het voorjaar en in het najaar grondmonsters genomen en onderzocht.

Verder werden de opbrengst en de samenstelling van het gras nagegaan. Daartoe werden op elk proefveld drie opbrengstkooien geplaatst. Het gras werd om de vijf weken geoogst; de opbrengsten werden bepaald en er werden monsters genomen voor chemisch en botanisch onderzoek. Na het maaien werden de kooien verplaatst, zodat steeds monsters werden verkregen van gras, zoals dat door de boer werd geoogst en door het vee werd genuttigd.

Het was niet mogelijk om nog onbehandelde objecten in het proefschema op te nemen. De grasopbrengsten konden echter worden vergeleken met die van de z.g. CI 203-veldjes¹⁾ op overeenkomstige gronden in de omgeving.

De minerale samenstelling van het gras werd vergeleken met de samenstelling van gras, zoals die is opgegeven door BROUWER, BRANDSMA en VAN DER KLEIJ.

¹⁾ Proefveldjes voor bepaling van de bruto-grasopbrengst bij een standaardbemesting van 70 kg N, 60 kg P_2O_5 en 120 kg K_2O per ha per jaar.

IV. GRONDGESTELDHEID VAN DE PROEFVELDEN

Het proefveld te Tijnje is op veengrond gelegen. De grond bevat 45% humus, 17% afslibbaar materiaal, 7% fijn zand en 31% grof zand. Het perceel ligt hoger dan de omgeving, daar het veen er niet is afgegraven. Tijdens de laatste wereldoorlog was de grond voor tuinbouw in gebruik. Door de grondbewerking was de bovenste laag goed los en doorlatend.

Toch werd de structuur van de grond door het voormalige Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. ongunstig beoordeeld. Deze beoordeling luidde als volgt: „Structuur zeer slecht; praktisch geen kruimelige laag; het geheel is zeer dicht”. Gevreesd werd, dat de losse bovenlaag door de beregening vaster en minder doorlatend zou worden. Dit was echter niet het geval en de grond neemt het water bij een regenintensiteit van 10 mm per uur nog voldoende snel op, zodat geen plassen ontstaan. In 1959 werd de doorlatendheid van de bovengrond bepaald. Deze bleek te variëren van 12—22 mm/uur, hetgeen ruim voldoende is.

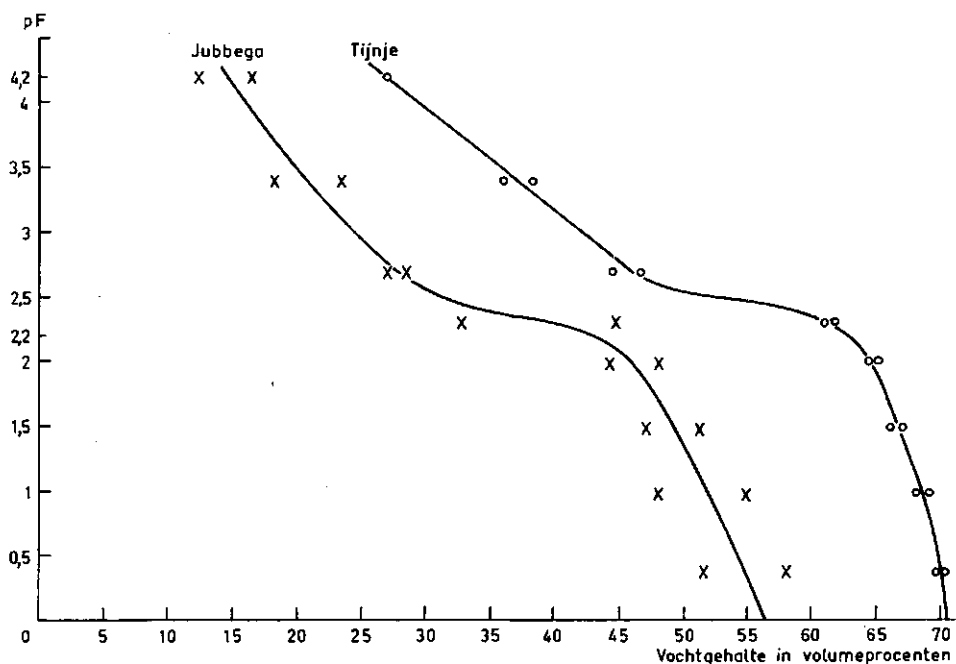


Fig 2. Vocht karakteristiek van de bouwvoor van de proefvelden te Tijnje en Jubbega.

In figuur 2 is de vocht karakteristiek van de laag 0—20 cm weergegeven. Hieruit blijkt dat het totale poriënvolume van de grond zeer groot is, nl. 70%.



FIG. 3. Meting van de doorlatendheid van de bovengrond. De beide ringen, die ongeveer 20 cm in de grond zijn gedrukt, worden met water gevuld. Vervolgens wordt gemeten hoeveel water per uur uit de binnenste ring in de grond dringt.

Uit tabel 1 blijkt echter dat dit grotendeels poriën zijn kleiner dan 3μ , die voor luchthuishouding en watertransport van zeer weinig betekenis zijn.

Bij veldcapaciteit (pF 2,2) bevat de grond slechts 7 vol. % lucht. Boven pF 2,2 verloopt de curve vlakker en dit betekent dat de luchthuishouding van de grond goed is. Bij pF 3,0 — een matig droge toestand — bevat de grond reeds 28 vol. % lucht.

Het proefveld te Jubbega is eveneens op een hoog perceel gelegen. De grond bestaat uit 8% humus, 9% afslibbaar materiaal, 12% fijn zand en 71% grof zand.

Volgens de visuele structuurbeoordeling, die in het voorjaar van 1955 door het voormalige Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. werd verricht, is de structuur van de grond vrij slecht tot slecht. De kruimelige laag is 1 tot 3 cm dik en daaronder is de grond vrij dicht. In 1956 werd de doorlatendheid van de bovengrond bepaald. Daarbij bleek dat op het perceel, waar de opbrengstkooien waren opgesteld, de doorlatendheid varieerde van 8 tot 33 mm per uur. Daar er gesproeid wordt met een intensiteit van 5 mm per uur, doen zich op dit perceel geen moeilijkheden voor. Op de naastgelegen percelen bleek de doorlatendheid van de bovengrond slechts 1 tot 5 mm per uur te bedragen. Hier vormen zich tijdens de beregening plassen.

In figuur 2 is de vocht karakteristiek van de laag 0—20 cm van het proefveld weergegeven. Hieruit blijkt dat bij veldcapaciteit (pF 2,2) de grond 13 vol. % lucht bevat. Bij een matig droge toestand (pF 3,0) bedraagt de hoeveelheid lucht 32 vol. %. De luchtvoorziening van de grond is goed en beter dan die van de grond van het proefveld te Tijnje. Zoals uit de vocht karakteristiek (figuur 2) blijkt, is het totale poriënvolume van de grond te Jubbega 56 vol. %; dat is 14 vol. % minder dan van de grond te Tijnje. Dit verschil is echter niet van praktische betekenis, daar het uitsluitend kleine poriën betreft, die voor de luchthuishouding en voor het watertransport van zeer geringe betekenis zijn.

Tabel 1 geeft een overzicht van poriënvolume en poriëngrootte, afgeleid uit de pF-kromme.

Te Heeten bestaat de grond van het proefveld uit 7% humus, 5% afslibbaar materiaal, 21% fijn zand en 67% grof zand.

TABEL 1. Poriënvolume, verdeeld naar poriëngrootte, van de bouwvoor der proefvelden Tijnje en Jubbega

Poriëngrootte Ø in μ	Poriënvolume in procenten	
	Tijnje	Jubbega
> 20	7	13
3—20	21	19
0,2—3	14	9
< 0,2	28	15
Totaal	70	56

De visuele structuurbeoordeling, die bij het begin van de proef geschiedde, luidde als volgt: „Structuur matig tot vrij slecht; $1\frac{1}{2}$ —4 cm kruimelige laag, daaronder is de grond vrij dicht”.

In 1954 werd de grond gespit voor de inzaai van gras. In 1955 werden er grote hoeveelheden afvalwater op verregend met een intensiteit van 10 mm per uur. De grond sloeg daardoor dicht en bovendien trapte het vee de drassige bodem nog vaster, met het gevolg dat de doorlatendheid snel achteruitging. In de loop van 1955 kon de grond het water al niet snel genoeg meer verwerken en er ontstonden plaatselijk plassen. In 1956 was het perceel een grote modderpoel en werd besloten het onderzoek niet verder voort te zetten.

De doorlatendheid van de bovengrond werd in het veld niet gemeten. Deze werd, voordat met de proef werd begonnen, door de Rijks Zuivel-Agrarische Afvalwaterdienst in ongeroerde monsters in het laboratorium bepaald en bleek te variëren van 85—775 mm per uur. Er is niet nagegaan hoe groot de doorlatendheid van de grond was aan het einde van de proef, toen de grond dichtgeslagen en vertrapt was.

De chemische toestand van de grond zal in hoofdstuk VIII.1. nader worden besproken.

V. WEERSGESTELDHEID

In figuur 4 is de regenval per decade van het dichtst bij zijnde regenstation van het K.N.M.I., voor de maanden april t/m oktober in de jaren 1955—1957, grafisch weergegeven. Voor Tijnje en Jubbega werden de regencijfers van het regenstation Gorredijk genomen en voor Heeten van het station Lettle.

In figuur 4 is ook de verdamping per decade aangegeven. De verdampingscijfers werden door drs. G. F. MAKINK verstrekt en gelden voor kort gras. De verdamping werd volgens de formule van PENMAN per maand berekend uit de meteorologische gegevens van het dichtst bij zijnde termijnstation van het K.N.M.I. De maandsommen werden overeenkomstig de straling over de decaden verdeeld. Voor de omrekening van de verdamping van open water tot de verdamping van gras, werd de door drs. G. F. MAKINK bepaalde reductiefactor 0,65 gebruikt.

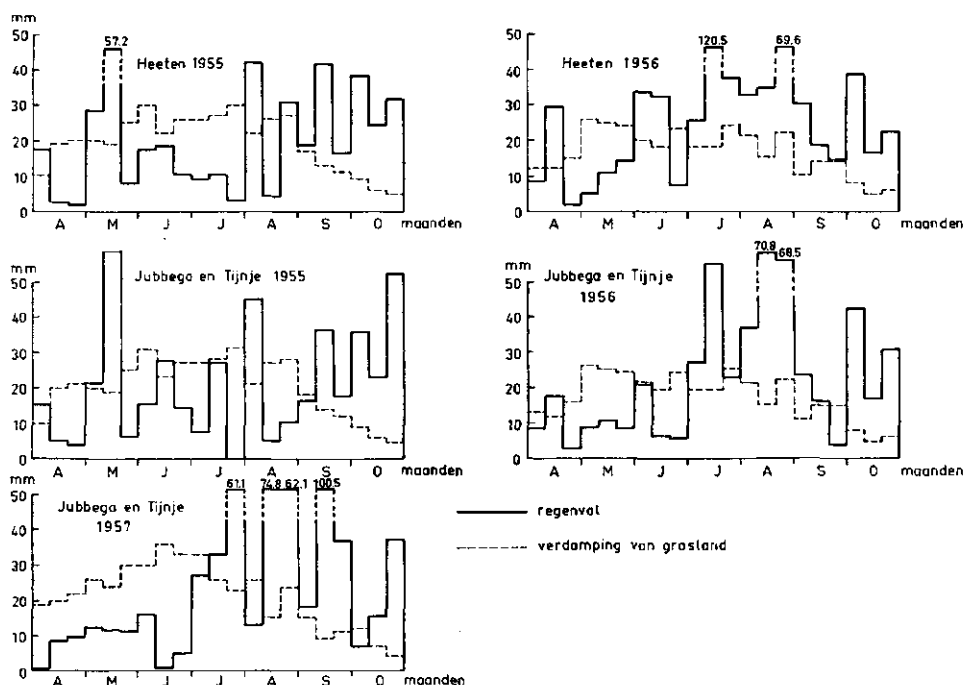


FIG. 4. Verloop van de natuurlijke regenval en de verdamping in de jaren 1955—1957.

Uit figuur 4 blijkt, dat de zomer van 1955 vrij droog was. De verdamping was tot eind augustus belangrijk groter dan de regenval. In Heeten was het neerslagtekort groter dan te Jubbega en Tijnje. In september en oktober was de neerslag echter weer groter dan de verdamping. 1956 was een nat jaar;

alleen tijdens een korte periode in het voorjaar werd de neerslag door de verdamping overtroffen.

In 1957 waren de maanden april t/m juni droog. In de periode juli t/m september viel te Jubbega en Tijnje zeer veel regen; zelfs belangrijk meer dan in de overeenkomstige periode in 1956.

VI. TOEGEDIENDE HOEVEELHEID AFVALWATER

Het afvalwater van de zuivelfabrieken te Tijnje, Jubbega en Heeten wordt alleen maar gedurende het groeiseizoen verregend. In de winter is het toegestaan om het op openbaar water te lozen.

De capaciteit van de beregeningsinstallaties te Tijnje en Jubbega werd opnieuw nauwkeurig gemeten. Verder werd nagegaan of de proefvelden meer of minder intensief werden beregend dan de rest van de beregende complexen. Het resultaat van deze controle was, dat belangrijke correcties moesten worden aangebracht in de cijfers, die in het verslag over 1955 (2) werden opgenomen.

Te T i j n j e is 3,5 ha grasland beschikbaar voor de beregening. Op het perceel waar de opbrengstkooien werden geplaatst en het onderzoek werd verricht, wordt de grootste hoeveelheid water versproeid. Dit perceel is nogal hoog; de grond is goed doorlatend en het gras wordt vrijwel uitsluitend gemaaid.

Alleen wanneer het gras wordt geoogst, wordt het afvalwater tijdelijk op een van de andere percelen versproeid. 80 % van de totale hoeveelheid afvalwater komt echter op het proefveld, groot 1,20 ha.

In de jaren 1955, 1956 en 1957 werd respectievelijk 397, 488 en 410 mm afvalwater op dit proefveld verregend. In figuur 5 is voor genoemde jaren de verdeling van het sproeiwater over het groeiseizoen weergegeven. Tevens zijn daarin de natuurlijke regenval en de verdamping opgenomen. Hieruit blijkt, dat de regen plus het sproeiwater de verdamping ver overtrof. Verder wordt hieruit een indruk verkregen van de hoeveelheid water die naar de ondergrond afvloeide. Deze hoeveelheid was, mede ten gevolge van de hoge regenval in de zomer van 1956 en 1957, zeer groot. Daar de grond goed doorlatend is, deden zich geen moeilijkheden voor en de grasopbrengsten waren steeds zeer hoog. Alleen in september en oktober 1957 was het zo extreem nat, dat het afvalwater slechts gedeeltelijk verregend kon worden.

Te J u b b e g a is eveneens 3,5 ha grasland beschikbaar voor de beregening. Daar werd de gehele oppervlakte overal even intensief beregend. In de jaren 1955, 1956 en 1957 werd resp. 289, 207 en 199 mm afvalwater op het proefveld versproeid.

Uit figuur 5 blijkt, dat op het proefveld te Jubbega belangrijk minder afvalwater werd verregend dan te Tijnje. De totale hoeveelheid afvalwater was te Jubbega wel groter, maar dit water werd over een grotere oppervlakte verdeeld. In de natte perioden van 1956 en 1957 deden zich op het proefveld geen moeilijkheden voor, wel echter op de lagere percelen, die te lijden hadden van wateroverlast, waardoor de botanische samenstelling van de zode ongunstiger werd en het aandeel kruipende boterbloem en geknikte vossestaart in het

bestand toenam. De berekening werd toen tijdelijk onderbroken en het afvalwater werd in de Schoterlandse Compagnonsvaart geloosd.

Te Heeten werd in 1956 de hoeveelheid en de samenstelling van het afvalwater niet verder onderzocht, daar toen reeds vaststond dat het voor de berekening beschikbare complex van 1,8 ha te klein was en een andere methode

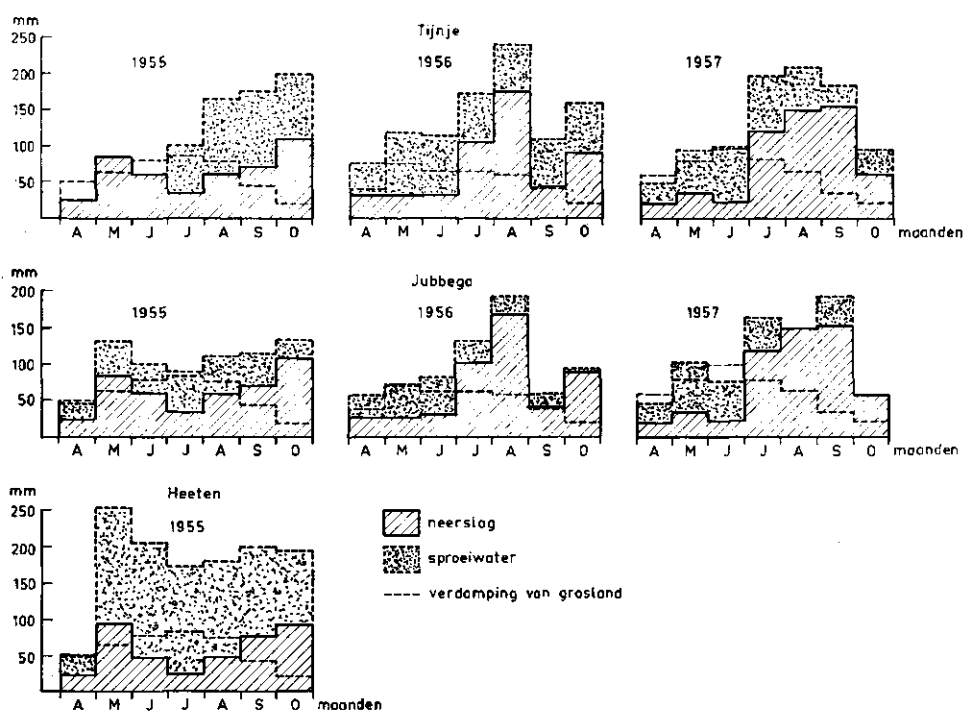


FIG. 5. Verdamping, neerslag en hoeveelheid sproeiwater in de jaren 1955—1957.

van zuivering van het afvalwater zou moeten worden toegepast. In 1956 werd echter de gehele hoeveelheid afvalwater nog op dit kleine terrein verregend; deze hoeveelheid is ongeveer even groot geweest als in 1955. Toen werd gedurende het groeiseizoen 850 mm afvalwater verregend.

In figuur 5 is de verdeling over de maanden weergegeven, waaruit blijkt, dat de overtollige hoeveelheid water maximaal 185 mm per maand bedroeg. De grond kon deze grote hoeveelheid niet verwerken en werd drassig. Het grasland ging in kwaliteit achteruit, daar het vee de zode vertrapte. In het natte jaar 1956 werd de toestand steeds slechter.

VII. SAMENSTELLING VAN HET AFVALWATER

In het algemeen is de samenstelling van het afvalwater van zuivelfabrieken sterk afhankelijk van de geaardheid en het produktieprogramma van de bedrijven. Er kunnen verder per seizoen niet onbelangrijke veranderingen in de concentratie optreden, daar in voorjaar en zomer de melkaanvoer groter is dan in herfst en winter en diensgevolge in eerstgenoemde jaargetijden meestal verhoudingsgewijs een belangrijk grotere hoeveelheid melk en melkbestanddelen in het afvalwater terechtkomt.

Bij de beoordeling van de absolute concentraties van de organische stoffen en van de meststoffen dient men zich er bovendien steeds van te vergewissen of het door het betrokken bedrijf afgevoerde koelwater gescheiden van het verontreinigde water wordt geloosd, of dat op bepaalde plaatsen menging optreedt.

Dat de concentratie van het afvalwater van de fabriek in Tijnje in 1955 lager was dan in de jaren '56 en '57 zal b.v. grotendeels moeten worden toegeschreven aan een verder doorgevoerde afsplitsing van koelwater. De hoeveelheid meststoffen in kg/dag is hiervan echter niet of veel minder afhankelijk, waarbij een uitzondering moet worden gemaakt voor de hoeveelheid CaO. Het CaO-gehalte van het gebruiks- en koelwater kan nl. relatief vrij hoog zijn. Hierop wordt nog nader teruggekomen.

Van overwegende betekenis voor de hoeveelheid meststoffen, uitgedrukt in kg/jaar, is het al of niet afvalwatertechnisch gesaneerd zijn van de fabrieken. Het is nl. in vele gevallen mogelijk om door bepaalde maatregelen binnen het bedrijf de vervuilingsskracht van het afvalwater aanmerkelijk te verlagen, waardoor ook de hoeveelheid meststoffen wordt verkleind. In dit verband wordt gewezen op de grote verschillen in de gegevens van de fabrieken te Jubbega en Heeten en van die te Tijnje. Weliswaar is de in laatstgenoemde fabriek verwerkte hoeveelheid melk geringer, doch dit vormt voor deze verschillen geen voldoende verklaring. De sanering kan van groot belang worden wanneer b.v. de totale hoeveelheid kalium per ha de gevaarlijke grens nadert en de andere mogelijkheid om deze hoeveelheid te verminderen, nl. uitbreiding van de te be-regenen oppervlakte, uitgesloten is.

In principe heeft men bij zuivelafvalwater enkel te maken met zeer verdunde melk en strikt genomen met een oplossing van melksuiker en melkzouten, colloïdaal opgelost eiwit, vetemulsie en verder nog enige stoffen, die niet tot de melk behoren, zoals zand, borstelvezels enz. In normale gevallen zijn geen stoffen aanwezig, welke als zodanig schadelijk zouden kunnen zijn voor flora en fauna. Hierbij moeten we een uitzondering maken voor de in het bedrijf gebruikte reinigingsmiddelen, doch deze worden sterk verdund of geneutraliseerd. Cyaniden, koperzouten, sulfiden en andere giften, die in ander industrieel afvalwater kunnen voorkomen, worden in zuivelafvalwater niet aangetroffen. Zeer eenzijdig kan de samenstelling worden, wanneer b.v. belangrijke hoeveelheden wei met het afvalwater worden afgevoerd. In zo'n geval heeft het

water een zeer hoog KMnO_4 -getal en wijzigt zich ook de verhouding tussen de elementen. Bij weilozing stijgen de K : N- en de K : P-verhouding, hetgeen gemakkelijk valt in te zien wanneer men let op de in tabel 6 vermelde samenstelling van melk, ondermelk en wei.

In de figuren 6, 7 en 8 zijn uit de beschikbare gegevens van de drie betrokken fabrieken de KMnO_4 -getallen van de onderzochte monsters uitgezet tegen resp. de N-, K- en P-gehalten van deze monsters. Er blijkt hiertussen een dui-

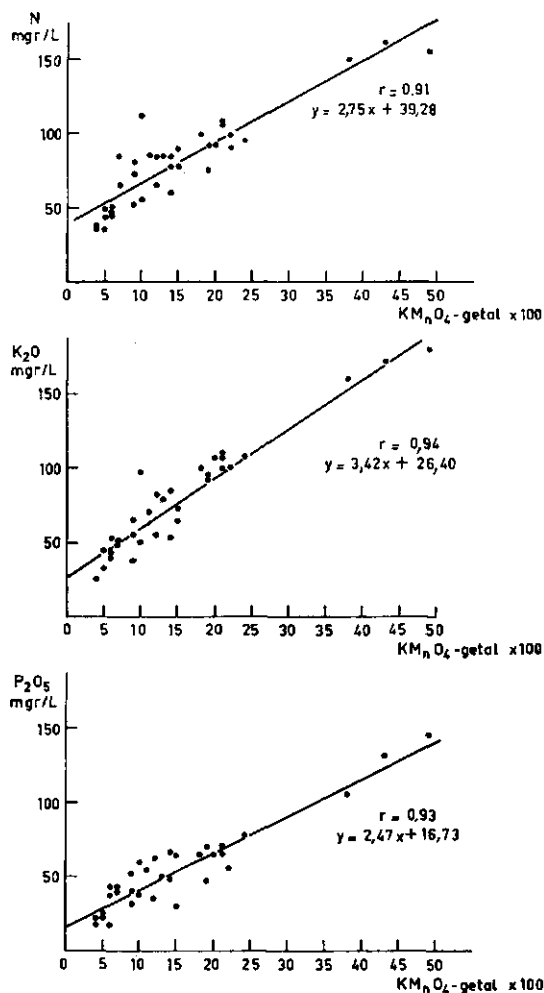


FIG. 6, 7, 8. Verband tussen het KMnO_4 -getal en het N-, K_2O - en P_2O_5 -gehalte van zuivelafvalwater.

delijk verband te bestaan en hieruit mogen we in het algemeen concluderen, dat de hoeveelheid mineralen in het afvalwater in het algemeen nagenoeg evenredig is met de daarin voorkomende, door middel van de KMnO_4 -bepaling vastgestelde, hoeveelheid organische stoffen. De elementen N, K en P komen

dus òf in de organische verbindingen als zodanig voor, òf er bestaat een vrij nauw verband tussen deze organische verbindingen en de daarnaast in melk etc. voorkomende anorganische verbindingen. Uit de resultaten van een groot aantal op het Laboratorium van de Rijks Zuivel-Agrarische Afvalwaterdienst uitgevoerde analyses van zuivelafvalwater is voorts bekend geworden, dat wanneer men te maken heeft met een boter- en kaasfabriek — hetgeen het geval is met de fabrieken Jubbega, Heeten en Tijnje — er een vrij constante verhouding tussen het KMnO_4 -getal en het organische-stofgehalte van het afvalwater bestaat. De verhouding is nl. ongeveer 1,18. De volgende tabel geeft deze verhouding voor volle melk, karnemelk, ondermelk en wei.

TABEL 2. Organische-stofgehalte en KMnO_4 -getal van enkele melkproducten

	Organische-stofgehalte in ‰	Org. stof in mg/kg	KMnO_4 -getal mg O_2 /kg	Verhoudingscijfer (2) : (3)
	(1)	(2)	(3)	
Melk	11,6	116000	85000	1,37
Karnemelk	8,3	83000	65000	1,28
Ondermelk	8,2	82000	74000	1,11
Wei	6,2	62000	54000	1,15

Hieruit kan de gevolgtrekking worden gemaakt, dat het, zoals begrijpelijk, voornamelijk minder waardevolle bestanddelen van de melk zijn die, vooral in de vorm van wei, in het afvalwater terechtkomen. De bovengenoemde factor 1,18 wijst althans zeer sterk in deze richting. De juistheid van deze veronderstelling wordt nog bevestigd, wanneer wij letten op de onderlinge verhouding tussen de elementen in de gevallen Jubbega en Tijnje (zie tabel 6). Rekening houdend met een relatief snelle stijging van het N-gehalte bij een slechts geringe hoeveelheid melk of ondermelk, komen deze verhoudingen vrij goed overeen met de verhouding N : K : P in wei. In het afvalwater van de fabriek Heeten is er zelfs een duidelijke overeenstemming met de verhoudingen in wei. Dit is volkomen volgens de verwachting, omdat in het jaar 1955 in Heeten een betrekkelijk grote hoeveelheid wei over het land moest worden verregend.

Samenvattend kan voor gemiddelde omstandigheden worden opgemerkt, dat in zuivelafvalwater de K : P-verhouding nagenoeg gelijk is aan die van wei terwijl de N : K- en N : P-verhouding in afvalwater iets ruimer is dan die in wei.

Voorts blijkt het totale organische-stofgehalte van dit soort afvalwater overeen te komen met 1,18 maal het, in mg O_2 uitgedrukte KMnO_4 -getal. Wij kunnen dus hiermede de op het land gebrachte hoeveelheid organische stof berekenen.

Bij deze beschouwingen is met opzet het CaO-gehalte niet genoemd. Dit is gebeurd omdat het CaO-gehalte van het afvalwater belangrijk hoger is dan het N-, K- of P-gehalte. Men zou kunnen denken dat ditzelfde geldt voor melk, ondermelk of wei, doch uit tabel 6 blijkt juist het tegendeel. De in dezelfde tabel vermelde CaO-gehalten van het in de fabrieken te Jubbega en Tijnje

gebruikte leiding- en nortonwater geven daarvoor de verklaring. Deze blijken nl. zeer hoog te zijn in vergelijking met de gehalten van N, K en P. Wij moeten dus aannemen, dat het CaO in het afvalwater slechts in zeer geringe mate afkomstig is van de melkverontreiniging, doch grotendeels van het gebruikte water. Er bestaat dan ook nagenoeg geen verband tussen het CaO-gehalte en het KMnO_4 -getal van het afvalwater van de verschillende bedrijven. Vooral voor Tijnje is dit het geval, omdat de verhouding tussen de hoeveelheden nortonwater en leidingwater die in het vergaarbekken terechtkomen, vrij sterk wisselt. Een vrij constante verhouding tussen het CaO-gehalte en de N-, K_2O - en P_2O_5 -gehalten, is daarom in zuivelafvalwater niet te verwachten.

Uit deze verklaring van het hoge CaO-gehalte van het afvalwater van een drietal zuivelfabrieken moge tevens blijken, dat in streken waar het leiding- en/of grondwater een geringe hardheid heeft, met aanmerkelijk lagere CaO-gehalten gerekend kan worden.

Met betrekking tot de in de tabellen 3 t/m 5 vermelde pH-waarden zij nog opgemerkt, dat de pH van het water dat op het land is gebracht, waarschijnlijk hoger is geweest dan in de tabellen is vermeld. Het is nl. gebleken, dat gedurende de tijd die nodig is voor de monsternamen en voor het vervoer naar het laboratorium, in zuivelafvalwater een daling van de pH optreedt; naar alle waarschijnlijkheid ten gevolge van de omzetting van melksuiker in melkzuur. Deze is des te groter naarmate de concentratie van het water hoger is. Voor het verkrijgen van juiste analyses is het echter nodig dat de pH van het water op het moment van onderzoek bekend is. Bij de beoordeling van de in de tabellen aangegeven waarden dient hiermede rekening te worden gehouden.

Zoals uit tabel 6 blijkt, is voor deze drie fabrieken, waar hoofdzakelijk boter en kaas worden gemaakt, de verhouding $\text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} : \text{N}$ in het afvalwater gelijk aan 100 : 140 : 140. Voor een goede bemesting van grasland is een andere verhouding noodzakelijk en is ten opzichte van P_2O_5 meer K_2O en N nodig.

TABEL 3. Gegevens over de hoeveelheid en de chemische samenstelling van het versproeide afvalwater van de zuivelfabriek "Volharding II" te Tijnje, in 1955 t/m 1957

Periode	Hoeveel- heid afvalwater m³	Chemische samenstelling van het afvalwater			Totale versproeide hoeveelheid meststoffen					Hoeveelheid afvalwater en meststoffen per jaar per ha (80% van het water werd verrengd op het proefterrein van 1,2 ha oppervlakte)				
		pH	KMnO ₄ getal	N	in mg per liter				in kg					
					K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	N	K ₂ O		P ₂ O ₅	CaO		
1955														
11/7 — 23/8	2142	6,6	576	44,5	39	17,4	202	95	84	37	433	1955 afvalwater 397 mm N 168 kg/ha K ₂ O 127 " P ₂ O ₅ 122 " CaO 801 "		
24/8 — 6/10	2340	6,5	372	36,3	25,3	16,7	156	85	59	39	365			
7/10 — 11/11	1470	6,5	526	49,3	32,3	7,3	274	72	47	107	403			
Totaal 1955	5952							252	190	183	1201			
1956														
13/4 — 26/4	540	5,3	1384	85	83	67	211	46	45	36	114	1956 afvalwater 488 mm N 357 kg/ha K ₂ O 294 " P ₂ O ₅ 232 " CaO 988 "		
27/4 — 5/6	1740	5,0	728	65	51	39	188	113	89	68	327			
6/6 — 21/6	720	6,0	850	72	54	40	202	52	39	29	145			
22/6 — 13/7	720	4,4	1090	86	71	54	214	62	51	39	154			
14/7 — 8/8	870	5,8	576	47	43	38	191	41	37	33	166	1957 afvalwater 410 mm N 327 kg/ha K ₂ O 312 " P ₂ O ₅ 207 " CaO 967 "		
9/8 — 1/11	2730	4,8	908	81	66	52	211	222	180	142	577			
Totaal 1956	7320							536	441	347	1483			
1957														
15/4 — 3/5	570	6,3	476	43	45	26	218	25	26	15	124	1957 afvalwater 410 mm N 327 kg/ha K ₂ O 312 " P ₂ O ₅ 207 " CaO 967 "		
4/5 — 4/6	900	4,3	1780	99	100	64	249	89	90	58	224			
5/6 — 19/7	1740	4,8	598	50	53	44	243	87	92	77	423			
20/7 — 30/8	1440	4,6	1260	85	79	50	217	122	114	72	312			
31/8 — 15/11	1500	4,6	1040	112	98	59	245	168	147	88	367	1957 afvalwater 410 mm N 327 kg/ha K ₂ O 312 " P ₂ O ₅ 207 " CaO 967 "		
Totaal 1957	6150							491	469	310	1450			

TABEL 4. Gegevens over de hoeveelheid en de chemische samenstelling van het versproeide afvalwater van de zuivelfabriek "Ons Belang" te Jubbega, in 1955 t/m 1957

Periode	Hoeveelheid afvalwater m ³	Chemische samenstelling van het afvalwater				Totale versproeide hoeveelheid meststoffen					Hoeveelheid afvalwater en meststoffen per jaar per ha (het water werd verregend op 3,5 ha)
		pH	KMnO ₄ getal	in mg per liter			N	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	
				N	K ₂ O	P ₂ O ₅					
1955											
7/5 — 18/5	1705	3,6	3760	151	161	105	174	257	275	179	297
19/5 — 30/6	2218	4,3	2038	92	107	63,9	173	204	237	142	384
1/7 — 21/7	1369	4,3	2180	98,5	101	55	160	135	138	75	219
22/7 — 23/8	2016	5,8	1456	78	64	30,6	142	157	129	62	286
24/8 — 27/10	2805	5,8	1403	77,8	52,9	47,6	140	218	148	134	393
Totaal 1955	10113							971	927	592	1579
1956											
25/3 — 26/4	1075	5,0	4880	155	180	145	175	167	194	156	188
27/4 — 5/6	2075	4,6	1530	90	73	63	162	187	151	131	336
6/6 — 21/6	1100	4,9	968	56	50	38	137	62	55	42	151
22/6 — 1/11	2998	4,5	2430	95	108	78	170	286	324	234	510
Totaal 1956	7248							702	725	563	1185
1957											
1/4 — 6/4	6955	4,5	1900	92	92	69	166	737	702	522	1224
7/4 — 15/5		4,0	4260	162	172	131	206				
16/5 — 22/6		3,9	2080	107	111	71	186				
23/6 — 22/7		3,6	1240	85	82	63	159				
23/7 — 1/10	6955	4,6	692	83	50	43	164				
Totaal 1957								737	702	522	1224

TABEL 5. Gegevens over de hoeveelheid en de chemische samenstelling van het versproeide afvalwater van de zuivelfabriek "Vooruitgang" te Heeten, in 1955

Periode	Hoeveelheid afvalwater m ³	Chemische samenstelling van het afvalwater					Totale versproeide hoeveelheid meststoffen					Hoeveelheid afvalwater en meststoffen per jaar per ha (het water werd verregend op 1,8 ha)		
		pH	KMnO ₄ g/l	in mg per liter					in kg					
				N	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO			
1955														
1/5 — 26/5	2835	4,3	5440	192	276	188	238	544	782	533	675	Afvalwater 850 mm		
27/5 — 22/6	2625	5,4	2100	106	99	63	163	278	262	165	428	N 810 kg/ha		
23/6 — 28/7	3150	5,7	1940	75,4	95	30,6	179	238	299	96	564	K ₂ O 947 "		
29/7 — 30/8	2590	5,5	2150	91,3	101	73	157	236	262	189	407	P ₂ O ₅ 612 "		
31/8 — 27/10	4095	8,1	895	52,2	32,2	38,4	128	162	100	119	396	CaO 1372 "		
Totaal 1955	15295							1458	1705	1102	2470			

TABEL 6. Gemiddelde chemische samenstelling van het afvalwater der zuivelfabrieken te Tijnje, Jubbega en Heeten; van volle melk, ondermelk en wei, alsmede van het gebruikswater te Tijnje en Jubbega, in mg per liter

	Jaar	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO
Afvalwater	1955	42	32	31	202
Tijnje	1956	73	60	47	203
	1957	80	76	50	236
	Gemiddeld	65	56	43	214
Afvalwater	1955	96	92	59	156
Jubbega	1956	97	100	78	163
	1957	106	101	75	176
	Gemiddeld	100	98	71	165
Afvalwater	1955	95	111	72	161
Heeten					
Volle melk		5500	1800	2200	1600
Ondermelk		5700	1880	2290	1660
1e Wei		1375	1880	1100	700
Tijnje					
Nortonwater					202
Leidingwater					114
Jubbega					
Nortonwater					130
Leidingwater					114

VIII. INVLOED VAN HET AFVALWATER OP GROND EN GEWAS

8.1. Invloed op de grond

Aanvankelijk werd overwogen om de veranderingen in de fysische gesteldheid van de grond ten gevolge van de berekening na te gaan door geregeld pF-bepalingen te laten verrichten. Uit de pF-kromme zijn de poriënverdeling en de doorlatendheid van de grond af te leiden. Van dit plan moest worden afgezien, daar toen nog geen instituut in staat was om het pF-onderzoek van een groot aantal monsters te verrichten.

Er is verder alleen afgegaan op visuele waarnemingen. In hoofdstuk 4 is reeds medegedeeld, dat op het proefveld te Heeten de doorlatendheid van de grond ten gevolge van de berekening sterk afnam. Er vormden zich grote plassen en op den duur werd het terrein een grote modderpoel. De slechte doorlatendheid werd veroorzaakt door het dichtslibben van de bovenlaag. Door groundbewerking is de doorlatendheid weer te verbeteren, doch deze maatregel werd niet genomen, daar tot een ander zuiveringssysteem van het afvalwater werd besloten.

Op de proefvelden te Tijnje en Jubbega werden geringere hoeveelheden afvalwater verregend en hier werd geen achteruitgang in de doorlatendheid van de grond vastgesteld.

De chemische samenstelling van de grond werd in het voorjaar en in het najaar bepaald. De analysecijfers zijn in tabel 7 weergegeven.

In tabel 8 is de N-, P_2O_5 -, K_2O - en CaO -balans van de grond voor de jaren 1955 t/m 1957 voor de verschillende proefvelden weergegeven. Over de toegevoegde hoeveelheden waren gegevens voorhanden en de onttrokken hoeveelheden werden berekend uit de grasopbrengsten en de chemische samenstelling daarvan.

De N-balans was voor Tijnje en Jubbega nagenoeg sluitend.

Op alle proefvelden werd belangrijk meer P_2O_5 toegediend dan er werd onttrokken. Dit had tot gevolg, dat het P-citroencijfer van de grond toenam, zoals uit tabel 7 blijkt.

Op het proefveld te Tijnje werd belangrijk meer K_2O onttrokken dan er werd toegediend. Daardoor daalde het K-getal van de laag 5—20 cm. Te Jubbega werd in 1957 eveneens aanmerkelijk meer K_2O onttrokken dan er werd toegediend. In de jaren 1955 en 1956 was het omgekeerde het geval. Het K-getal van de grond bleef ongeveer constant. Te Heeten was de K_2O -onttrekking veel geringer dan de toediening. Daar het K-getal van de grond niet steeg, moet worden aangenomen dat de overmaat kali is uitgespoeld.

Het afvalwater bevat veel CaO , daar het gebruikswater zeer hard is. Er werd vele malen meer CaO toegediend dan er door het gras werd onttrokken. De pH van de grond steeg aanvankelijk, maar bleef daarna op constant niveau.

Achteraf is in de nog aanwezige grondmonsters van de proefvelden Tijnje

TABEL 7. Analysecijfers van de grond van de proefvelden

Proefveld	Tijdstip van bemonstering	Laag 0—5 cm					Laag 5—20 cm				
		Humus %	pH- KCl	CaO mil. equiv. per 100 g gr.	P- ctr.	K- getal	Humus %	pH- KCl	CaO mil. equiv. per 100 g gr.	P- ctr.	K- getal
Tijnje	6- 4-'55	44,6	3,6		98	15	45,4	3,4		65	9
	12-10-'55	47,7	4,4		108	15	45,4	3,5		67	8
	3- 4-'56	47,3	4,1		100	18	45,0	3,5		64	8
	4-12-'56	47,5	4,6	40	119	14	43,7	3,5	7	68	7
	4- 4-'57	47,7	4,4	27	113	12	48,5	3,5	14	72	7
	14-11-'57	48,5	4,6	34	113	15	44,6	3,5	14	65	6
	8- 4-'58	49,1	4,6	14			46,6	3,5	12		
Jubbega	6- 4-'55	10,0	4,6		44	28	7,9	4,0		19	16
	13-10-'55	10,8	5,2		56	33	9,1	4,2		22	15
	3- 4-'56	10,9	5,1		62	34	8,4	4,3		25	17
	4-12-'56	11,5	5,3	13	69	31	8,4	4,2	53	26	17
	4- 4-'57	11,7	5,3	14	65	22	8,3	4,3	5	25	17
	14-11-'57	11,4	5,6	13	64	23	9,4	4,5	7	34	15
	8- 4-'58	17,4	5,1	17		36	8,2	4,4	16		17
Heeten	15- 4-'55	6,8	5,3		85	25	6,7	4,8		65	22
	7-11-'55	6,7	5,7		93	34	6,7	5,1		70	21
	2- 5-'56	7,7	5,5		101	28	6,6	5,1		73	21
	5-12-'56	7,9	5,5		119	27	6,8	5,1		69	20

TABEL 8. N-, P₂O₅-, K₂O- en CaO-balans van de proefvelden in kg per ha

Proefveld	Omschrijving	1955					1956					1957				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO			
Tijnje	Afvalwater	168	122	127	801	357	232	294	988	327	207	312	967			
	Kunstmest	100	—	—	40	100	—	—	40	100	—	—	40			
	Org. mest ¹⁾	28	15	109	—	8	7	19	—	8	7	19	—			
	Tot. toevoeging	296	137	236	841	465	239	313	1028	435	214	331	1007			
	Tot. onttrekking ²⁾	309	106	413	84	341	152	547	103	344	116	396	93			
	Toevoeging-Onttrekking	— 13	+ 31	—177	+757	+124	+ 87	—234	+925	+ 91	+ 98	— 65	+914			
Jubbega	Afvalwater	277	169	265	451	201	161	207	310	211	141	201	350			
	Kunstmest	100	100	120	40	90	45	40	36	270	—	70	108			
	Org. mest ¹⁾	94	73	229	48	107	86	260	48	11	10	29	—			
	Tot. toevoeging	471	342	614	539	398	292	507	394	492	151	300	458			
	Tot. onttrekking	410	149	536	120	406	126	479	94	456	140	574	118			
	Toevoeging-Onttrekking	+ 61	+193	+ 78	+419	— 8	+166	+ 28	+300	+ 36	+ 11	—274	+340			
Heeten	Afvalwater	810	612	947	1372	810	612	947	1372							
	Kunstmest	—	—	—	—	—	—	—	—							
	Org. mest ¹⁾	40	38	80	—	—	—	—	—							
	Tot. toevoeging	850	650	1027	1372	810	612	947	1372							
	Tot. onttrekking	433	150	500	123	268	87	276	66							
	Toevoeging-Onttrekking	+417	+500	+527	+1249	+542	+525	+671	+1306							

¹⁾ Hierin zijn begrepen de faeces en urine van het weidende vee. De werkingscoëfficiënt van N in faeces is gesteld op 40% en in urine op 50%.

²⁾ Te Tijnje werd in 1956 de opbrengst van de tweede snede niet bepaald. Bij de berekening van de onttrekking is voor de tweede snede het gemiddelde van de eerste en derde snede genomen.

en Jubbega voor 1956—1957 het CaO-gehalte bepaald, om na te gaan of daarin verandering is gekomen. De analysecijfers zijn vermeld in tabel 7. Hieruit valt nog niets af te leiden. Daar het grondonderzoek op deze proefvelden wordt voortgezet, zal het CaO-gehalte van de grond verder worden nagegaan.

In tabel 9 is de toegediende hoeveelheid organische stof vermeld die in het afvalwater aanwezig is. Het organische-stofgehalte werd niet bepaald, doch berekend, door het KMnO_4 -getal te vermenigvuldigen met een factor 1,18. In hoofdstuk 7 is reeds medegedeeld, dat er voor een boter- en kaasfabriek een vrij constante verhouding bestaat tussen het KMnO_4 -getal en het organische-stofgehalte en dat organische-stofgehalte : KMnO_4 -getal = 1,18.

TABEL 9. Hoeveelheid organische stof in het zuivelafvalwater

Proefveld	Jaar	Humusgehalte van de laag 0-5 cm	Organische stof in het afvalwater kg per ha
Tijnje	1955	46,2	2264
	1956	47,4	5027
	1957	48,1	4947
Jubbega	1955	10,4	7010
	1956	11,2	5654
	1957	11,5	4770
Heeten	1955	6,8	23783
	1956	7,8	

Uit tabel 9 blijkt, dat er jaarlijks vrij grote hoeveelheden organische stof aan de grond worden toegevoegd en dat daardoor het humusgehalte van de laag 0—5 cm stijgt. Wanneer men bedenkt, dat goed verteerde stalmest 13,5% organische stof bevat, komt men tot de conclusie, dat door de berekening met zuivelafvalwater een hoeveelheid organische stof wordt toegevoegd, die overeenkomt met een zeer grote stalmestgift.

8.2. Invloed op de grasopbrengst

De proefveldjes werden om de vijf weken gemaaid. De opbrengsten per snede zijn vermeld in tabel 10. In deze tabel zijn ook de opbrengstgegevens opgenomen van niet beregende proefveldjes, de z.g. CI 203-veldjes op overeenkomstige gronden. De afvalwaterproefvelden leverden belangrijk hogere opbrengsten op aan droge stof en ruw eiwit dan de CI 203-veldjes.

Nu is er een belangrijk verschil in bemesting tussen deze beide groepen proefvelden. De CI 203-veldjes worden bemest met 70 kg N, 60 kg P_2O_5 en 120 kg K_2O per jaar per ha. De afvalwaterproefvelden ontvingen een veel hogere bemesting, zoals uit tabel 8 blijkt. Deze bestond hoofdzakelijk uit afvalstoffen, aanwezig in het sproeiwater. Daaruit valt af te leiden dat deze stoffen een bemestende werking hebben.

In het voorgaande hoofdstuk is uit de analysecijfers van het gras en de



FIG. 9. Beregening van grasland met middelgrote sproeiers, die een regenintensiteit van ongeveer 8 mm per uur hebben.

grond wel gebleken, dat de kali- en fosfaatbemesting ruim voldoende waren.

Of de stikstofbemesting voldoende was, is moeilijk te beoordelen. Daarom werd in 1957 te Jubbega een stikstoftrappenproef genomen, waarbij werd nagegaan hoe hoog de grasopbrengst is, wanneer alleen een normaal quantum zuivelafvalwater wordt toegediend en welke opbrengstverhoging kan worden bereikt met een aanvullende bemesting met kalkammonsalpeter. Van zes proefveldjes, die ongeveer evenveel afvalwater ontvingen, kregen er twee een extra bemesting met 150 kg N per ha, twee kregen 75 N per ha en twee ontvingen geen aanvullende bemesting.

De resultaten van dit onderzoek zijn vermeld in tabel 11. Hieruit blijkt, dat met 240 mm zuivelafvalwater per groeiseizoen, voldoende stikstof wordt toegediend om een goede grasgroei te bereiken. Een extra stikstofgift in de vorm van kalkammonsalpeter verhoogt de opbrengst nog, maar het rendement daarvan is slechts ongeveer 6 kg droge stof per kg N, hetgeen zeer laag is. Normaal is bij een matig stikstofniveau een effect van ongeveer 20 kg droge stof per kg N te verwachten.

Opgemerkt moet worden, dat de stikstof hoofdzakelijk in de eiwitten voorkomt. Door mineralisatie van de eiwitten wordt de stikstof opneembaar voor de planten. De snelheid waarmee dit mineralisatieproces verloopt is o.a. afhankelijk van de weersomstandigheden. De waarnemingen in een enkel jaar geven slechts een indruk van de werkingscoëfficiënt van de in het afvalwater aanwezige stikstof, maar dit is nog geen betrouwbaar gemiddelde.

Uit het voorgaande blijkt, dat door de besproeiing van grasland met zuivelafvalwater, zonder verdere bemesting, een hoge grasopbrengst kan worden verkregen. Wanneer zeer grote hoeveelheden afvalwater worden toegediend, is dit echter nadelig voor de grasgroei, hetgeen duidelijk blijkt uit de opbrengstgegevens van het proefveld Heeten.

Wanneer de grond droogtegevoelig is en er bovendien weinig natuurlijke regen valt, zal het effect van de beregening groter zijn. Opgemerkt moet worden, dat de proefvelden niet bijzonder droogtegevoelig zijn en dat het weer in de jaren 1955 t/m 1957 niet droog was.

TABEL 10. Drogestofopbrengst in kg per ha en het ruw-eiwitgehalte van de afvalwaterproefvelden en van overeenkomstige CI 203-veldjes in de jaren 1955 t/m 1957

Proefveld	Jaar	1e snede			2e snede			3e snede			4e snede			5e snede			1e t/m 5e snede		
		ds	re		ds	re		ds	re		ds	re		ds	re		ds	re	re ¹⁾
		kg	%		kg	%		kg	%		kg	%		kg	%		kg	%	%
Tijnje	1955	935	21,7		1971	15,9		2675	16,1		2714	18,2		2540	19,5		10835	17,8	
	1956	2213	21,0	niet bepaald ²⁾				3766	17,1		2482	19,7		2477	21,4	10938 ³⁾		19,5	
	1957	1064	17,4		2787	15,0		2539	20,7		2440	21,5		2012	24,6	10842		19,8	
CI 203-veldjes op veen- grond in Gron., Friesl. en Drente (gem.v. 5 perc.)	1955	1670	20,7		1580	17,4		1940	15,6		1410	19,6		1280	21,3		7880	18,7	
	1956	1310	20,8		2360	16,6		1940	16,0		1340	18,3		1650	20,7		8600	18,1	
	1957	1780	15,9		2040	14,4		1390	16,0		1700	18,6		1220	20,0		8130	16,7	
Jubbega	1955	2288	18,2		1770	17,7		4221	16,9		3227	18,8		2187	23,2		13693	18,7	
	1956	1905	19,3		2357	20,8		3001	22,8		1375	27,0		2551	24,7		11189	22,7	
	1957	3391	17,0		2376	16,7		3446	22,8		2099	25,8		2185	24,4		13497	21,1	
CI 203-veldjes op zand- grond in Gron., Friesl. en Drente (gem.v. 7 perc.)	1955	1610	18,3		1760	15,5		1970	15,3		1490	18,6		1030	21,3		7860	17,4	
	1956	1740	19,4		2220	19,6		1870	16,5		1500	16,1		1610	19,3		8940	18,3	
	1957	1890	15,5		2320	13,1		1460	15,8		1780	19,5		1280	20,4		8740	16,4	
Heeten	1955	4487	14,3		2452	15,9		1448	niet bep.		4280	21,0		1710	23,1		14377	18,8 ³⁾	
	1956	3233	15,5		1048	18,6		948	21,4		2403	24,6		743	24,8		8375	20,0	
CI 203-veldjes op zand- grond in Twente (gem. v. 4 perc.)	1955	780	20,9		2040	13,2		1720	15,7		1570	16,2		1270	19,2		7380	16,3	
	1956	910	19,1		2370	14,7		1690	18,9		1110	16,6		910	17,2		6990	16,9	

¹⁾ gewogen gemiddelde

²⁾ de opbrengst van de tweede snede kon niet worden bepaald, daar de proefveldhouder, bij het maaien van het perceel, ook het gras onder de kooien had weggemaaid.

Er werd verder vastgesteld, dat het zuivelafvalwater soms een ongunstige samenstelling kan hebben, waardoor de grasgroei wordt geremd. In 1955 werd te Heeten tijdens een warme periode een grote hoeveelheid wei verregend, waardoor het gras verbrandde en de groei tijdelijk tot stilstand kwam. Een dergelijke verbranding is ook te Jubbega enige keren op een kleine oppervlakte voorgekomen. De oorzaak daarvan kon niet worden nagegaan.

TABEL 11. Gegevens van de stikstoftrappenproef te Jubbega in 1957. Stikstofbemesting en grasopbrengsten per jaar per ha

Toegediende hoeveelheid stikstof		Toegediende hoeveelheid afvalwater mm	Grasopbrengst kg ds per ha	Opbrengstverhoging kg ds per ha	Rendement v. d. stikstof kg ds/kg N
Kunstmest kg N per ha	Afvalwater kg N per ha				
0	268	241	11887		
75	270	239	12315	428	5,7
150	268	240	12783	896	6,0

Het is bekend dat de samenstelling van het zuivelafvalwater in de loop van de dag nogal sterk wisselt. Er zijn perioden, waarin grote hoeveelheden reinigingsmiddelen worden afgevoerd; soms is het water zuur, dan weer sterk basisch. Wanneer het water eerst in een groot reservoir wordt opgevangen waarin het zich kan vermengen, wordt een vrij homogene samenstelling verkregen, waardoor de kans op schade gering wordt. Het gebruik van kleine buffertanks, die door de fabrikanten van beregeningsapparatuur in de handel worden gebracht, moet daarom beslist worden ontraden. Verder is het niet toelaatbaar, dat incidenteel grote hoeveelheden wei en ondermelk worden verregend.

8.3. Invloed op de botanische samenstelling van het grasland

Bij het maaien der proefveldjes werden grasmonsters genomen voor bepaling van de botanische samenstelling. De resultaten daarvan zijn opgenomen in de tabellen 12a, b en c.

Het proefperceel te Heeten werd in 1954 ingezaaid en aanvankelijk was de samenstelling homogeen. Ten gevolge van de beregening ging het grasland in kwaliteit achteruit. Op de drassige en vertrapte gedeelten traden geknikte vossesstaart en straatgras op de voorgrond. Verder was er een afname van Engels raagrass en een toename van ruwbeemdgras. Deze verschuivingen blijken ook uit tabel 12c.

FIG. 10. *Beregening en goede bemesting behoren samen te gaan met intensieve grasland-exploitatie.*



Te Tijnje en Jubbega werd het onderzoek verricht op oud grasland van zeer heterogene samenstelling. De opbrengstkooien werden na het maaien verplaatst en in de regel was de botanische samenstelling op de nieuwe plek weer anders dan op de voorgaande.

De gegevens vermeld in de tabellen 12a en b, verschaffen enig inzicht in de botanische samenstelling van de proefpercelen en de variaties die daarin voorkomen. Opvallend is het hoge percentage veldbeemdgras. Dit gras komt in deze streek van nature op de hoge gronden veel voor. Er is echter ook vastgesteld dat veldbeemdgras minder gevoelig is voor schadelijke stoffen die in het zuivelafvalwater kunnen voorkomen dan andere grassen en wellicht is dit mede een oorzaak van het veelvuldig voorkomen. In 1959 werd op het proefperceel te Jubbega op een beregende strook verbranding waargenomen, ten gevolge waarvan de bovengrondse delen van de grassen en kruiden afstierven. Na enige tijd herstelde de zode zich weer, maar de botanische samenstelling was totaal gewijzigd en er was alleen veldbeemdgras overgebleven.

Op alle proefpercelen is het percentage klaver en overige kruiden zeer laag. Dit is in de eerste plaats een gevolg van de hoge stikstofbemesting en de intensieve graslandexploitatie.

Het botanisch onderzoek, waarvan de resultaten opgenomen zijn in de tabellen 12a t/m c, werd in de eerste plaats verricht in verband met het onderzoek naar de minerale samenstelling van het gras. Verwacht werd dat daarnaast ook enig inzicht zou worden verkregen in de veranderingen in de botanische samenstelling als gevolg van de beregening. Door de heterogene samenstelling van de proefpercelen heeft het onderzoek op dit punt niet aan de verwachtingen beantwoord. Dit laatste onderzoek wordt echter voortgezet. Daartoe zal, op de proefpercelen te Tijnje en Jubbega gedurende een reeks van jaren, jaarlijks een botanisch monster van het gehele perceel worden genomen. Verder is op de beregende gronden van de zuivelfabriek te Elsloo de uitgangstoestand vastgelegd door een graslandvegetatiekartering. Na ongeveer 5 jaar zal deze kartering worden herhaald. Verwacht wordt dat op deze

TABEL 12a. Botanische samenstelling van het proefveld te Tijnje gedurende 1955 t/m 1957 (in drooggewichtsprocenten)

Jaar	1955					1956					1957				
	14/5	20/7	24/8	28/9	19/5	26/7	29/8	17/10	9/5	13/6	17/7	20/8			
Datum van monsterneming	14/5	20/7	24/8	28/9	19/5	26/7	29/8	17/10	9/5	13/6	17/7	20/8			
Hoedanigheidsgraad	6,7	7,0	6,2	6,8	7,3	7,8	8,5	7,6	6,4	6,6	6,6	7,5			
Engels raaigras	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2			
Beemdlangbloem	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Veldbeemdgras	30	47	30	43	48	62	79	45	19	21	45	55			
Ruw beemdgras	22	3	5	4	16	15	13	31	32	40	9	18			
Totaal goede grassen	53	50	36	47	64	77	92	76	53	61	54	75			
Witte klaver	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—			
Beemdvossestaart	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—			
Fioringras	23	24	21	20	2	16	2	4	1	4	3	4			
Kweek	1	1	12	4	11	1	2	11	14	9	11	9			
Witbol	11	23	17	27	6	—	1	1	7	3	8	3			
Totaal matige grassen	35	48	50	51	29	17	5	16	23	16	22	16			
Reukgras	1	—	1	—	—	1	—	—	1	—	2	—			
Straatgras	3	1	7	1	1	—	—	—	—	—	—	—			
Geknikte vossestaart	8	1	6	1	3	5	3	7	20	19	20	4			
Tot. mindervaardige grassen	12	2	14	2	4	6	3	7	21	19	22	4			
Overige kruiden	—	—	—	—	3	—	—	1	2	3	1	5			

TABEL 12b. Botanische samenstelling van het proefveld te Jubbega gedurende 1955 t/m 1957 (in drooggewichtsprocenten)

Jaar	1955					1956					1957				
Datum van monsterneming	14/5	22/7	25/8	1/10	19/5	21/6	26/7	29/8	17/10	9/5	14/6	17/7	20/8		
Hoedanigheidsgraad	6,5	6,9	7,7	6,6	7,5	7,1	7,4	7,6	7,4	7,4	7,7	7,4	7,9		
Engels raaigras	13	13	3	3	8	1	—	1	2	8	7	18	17		
Beemdlanbloem	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Timothee	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Veldbeemdgras	22	24	56	34	43	37	55	44	41	31	39	30	43		
Ruw beemdgras	14	11	10	10	11	9	3	18	11	28	22	5	8		
Totaal goede grassen	52	49	70	47	62	47	58	63	54	67	68	53	68		
Witte klaver	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1		
Goudhaver	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Kropaar	1	6	8	20	15	31	16	29	36	6	13	23	21		
Fioringras	15	32	13	9	7	17	24	4	6	11	11	14	2		
Witbol	4	6	2	2	12	3	1	2	2	7	3	4	2		
Totaal matige grassen	20	44	24	31	34	51	41	35	44	24	27	41	25		
Reukgras	8	3	1	3	3	2	1	—	—	5	2	4	3		
Rood zwenkgras	2	1	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—		
Zachte dravik	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Totaal minderwaardige grassen	14	4	3	4	4	2	1	—	—	5	2	4	3		
Overige kruiden	14	3	3	18	—	—	—	2	2	4	2	2	3		

TABEL 12c. Botanische samenstelling van het proefveld te Heeten in 1955 en 1956 (in droog-gewichtsprocenten)

Jaar	1955				1956				
Datum van bemonstering	31/5	4/7	4/8	15/9	29/5	3/7	10/8	19/9	13/11
Hoedanigheidsgraad	8,4	8,4	9,1	9,0	8,3	7,8	7,2	7,4	7,3
Engels raaigras	25	46	63	60	29	23	11	16	29
Beemdlangbloem	—	1	—	2	—	—	—	—	5
Timothee	—	2	2	1	3	—	1	—	2
Ruw beemdgras	71	38	31	28	60	61	63	62	34
Italiaans raaigras	—	—	—	3	—	—	—	—	—
Totaal goede grassen	96	87	96	94	92	84	75	78	70
Witte klaver	1	1	1	—	—	2	—	—	—
Fioringras	—	—	1	—	—	—	1	1	—
Straatgras	1	11	1	5	7	2	16	15	11
Geknikte vossestaart	—	—	—	—	1	12	8	6	19
Totaal minderwaardige grassen	1	11	1	5	8	14	24	21	30
Overige kruiden	2	1	1	1	—	—	—	—	—

wijze een betrouwbaar beeld van de optredende veranderingen zal worden verkregen.

Ten slotte kan nog worden medegedeeld, dat op grond van visuele waarnemingen de indruk werd verkregen, dat de kwaliteit van het grasland van het proefperceel te Tijnje door de beregening aanmerkelijk is verbeterd. Hetzelfde geldt voor het proefperceel te Jubbega. Voor het naastgelegen perceel, dat eveneens werd beregend en dat door de slechtere doorlatendheid nogal eens van wateroverlast te lijden had, was de invloed echter ongunstig, daar kruipende boterbloem en geknikte vossestaart nogal toenamen.

8.4. Invloed op de minerale samenstelling van het gras en de gezondheidstoestand van het vee

In verband met de gezondheidstoestand van het vee is het van belang, dat een indruk wordt verkregen van de minerale samenstelling van het beregende gras. Daartoe werden de grasmonsters van de proefveldjes, behalve op drogestof- en ruw-eiwitgehalte, ook op het gehalte aan K_2O , Na_2O , CaO , MgO , Cl , P_2O_5 , SO_4 en Cu onderzocht.

Uiteraard kon de invloed van de besproeiing met zuivelafvalwater op de minerale samenstelling van het gras niet precies worden nagegaan, daar geen nulobjecten ter vergelijking voorhanden waren, maar een vergelijking met de samenstelling van normaal gras was echter wel mogelijk.

Het is waarschijnlijk, dat de beregening met zuivelafvalwater een directe

invloed heeft op de minerale samenstelling van het weidegras, maar dat daarnaast ook nog een indirecte invloed bestaat ten gevolge van de wijziging in de botanische samenstelling. Zoals reeds werd opgemerkt, komen op het beregende grasland zeer weinig klaver en overige kruiden voor, als gevolg van de overvloedige bemesting.

Om een indruk te verkrijgen van de directe invloed, zal de minerale samenstelling van het gras van de proefpercelen worden vergeleken met die, vermeld door dr. F. K. VAN DER KLEIJ (14), voor gras zonder klavers en kruiden, gegroeid onder normale omstandigheden.

Om de totale invloed na te gaan, zal ook nog een vergelijking worden gemaakt met de minerale gehalten die BRANDSMA (3) vond voor het gras op 8 normale zandbedrijven, met goed producerend, gezond vee, waar het klaver- en kruidenpercentage waarschijnlijk 10—20% bedroeg.

In de figuren 11 t/m 19 zijn de minerale samenstelling en de maaidatum voor alle grasmonsters van de proefpercelen door stippen weergegeven. De getrokken lijn in de grafieken geeft de gemiddelde gehalten weer, die BRANDSMA vond voor de verschillende sneden van normaal weidegras met klaver en kruiden. Ten slotte geeft de stippellijn het gehalte weer dat VAN DER KLEIJ vond voor normaal gras, zonder klaver en kruiden. Opgemerkt moet worden, dat de analysecijfers van VAN DER KLEIJ betrekking hebben op 169 grasmonsters van diverse gronden, genomen tussen 23 april en 5 juni 1956. Hij vond een verband tussen het ruw-eiwitgehalte van het gras en de minerale samenstelling en hij rangschikte de analysecijfers naar het ruw-eiwitgehalte. Daar uit figuur 11 blijkt, dat de ruw-eiwitpercentages van het gras der proefpercelen gedurende het groeiseizoen geleidelijk oplopen van ongeveer 17% in het voorjaar tot 22% in het najaar, is in de volgende figuren (12—19) hiermede rekening gehouden bij het uitzetten van de lijn van VAN DER KLEIJ.

Uit figuur 11 blijkt tevens dat het ruw-eiwitgehalte van het gras der proefpercelen schommelde om de waarde die BRANDSMA vond. Daaruit mogen we afleiden dat de gehalten van BRANDSMA een goede vergelijkingsbasis vormen. VAN DER KLEIJ vond nl., dat de minerale samenstelling samenhangt met de fysiologische ouderdom van het gras en het ruw-eiwitgehalte is daarvoor een betrouwbare maat.

Uit figuur 12 blijkt, dat de K_2O -gehalten van het gras van de proefpercelen hoger liggen dan de lijnen van BRANDSMA en VAN DER KLEIJ. Vooral gedurende de zomermaanden en speciaal voor Jubbega is dit verschil groot.

In figuur 13 valt op, dat het Na_2O -gehalte van het gras zeer hoog is, vooral te Heeten. Dit is tegen de verwachting in, daar bij een hoog K_2O -gehalte, het Na_2O -gehalte in de regel laag is. Het afvalwater bevat veel $NaCl$, dat gedeeltelijk afkomstig is van de kaasmakerij en dat ook in het opgepompte nortonwater voorkomt. De mineralenconstellatie van het gras wordt er gunstiger door, maar de invloed van het zout op de structuur van de grond en de groei van het gras is zeer nadelig. Er moet dan ook naar een zo laag mogelijk zoutgehalte van het afvalwater worden gestreefd.

Uit figuur 14 blijkt, dat de CaO -gehalten van de monsters der proefpercelen

Legenda
 Brandsma ——— gem. 8 zandbedrijven
 v.d. Kleij - - - - - gem. 169 monsters
 Jubbega o 1955 Tijnje • 1955 Heeten X 1955
 □ 1956 ■ 1956 + 1956
 △ 1957 ▲ 1957

FIG. 11—27. Minerale samenstelling van het gras van de zuivelafvalwaterproefvelden en van normaal gras volgens BRANDSMA en VAN DER KLEY.

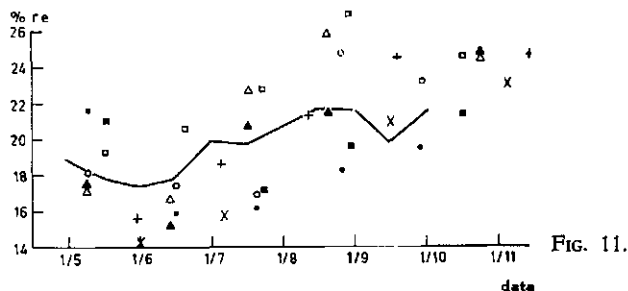


FIG. 11.

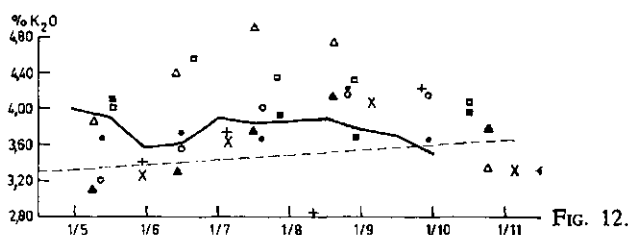


FIG. 12.

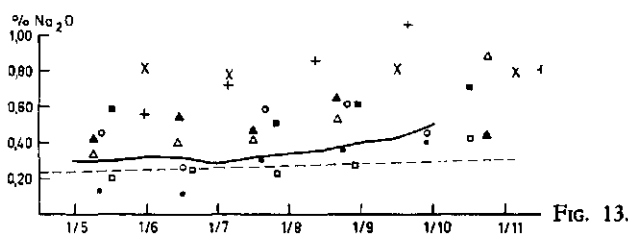


FIG. 13.

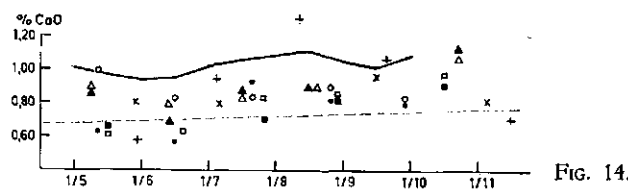


FIG. 14.

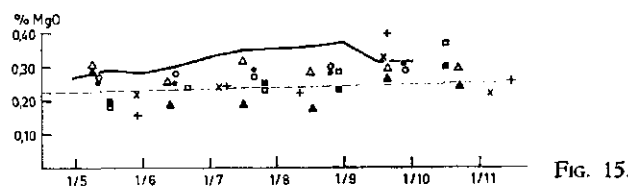


FIG. 15.

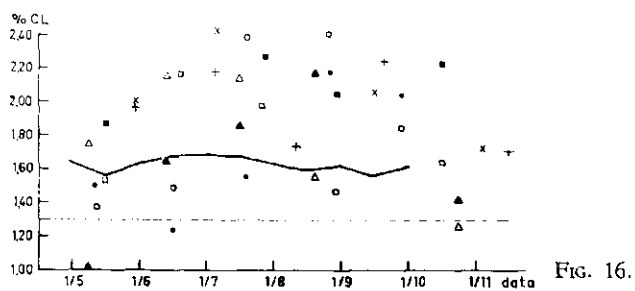


FIG. 16.

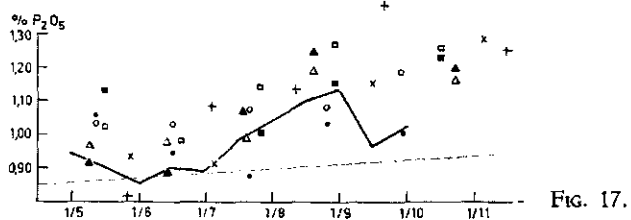


FIG. 17.

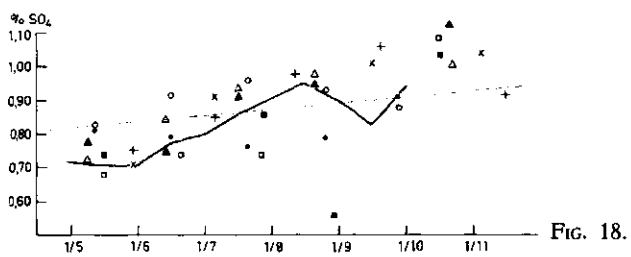


FIG. 18.

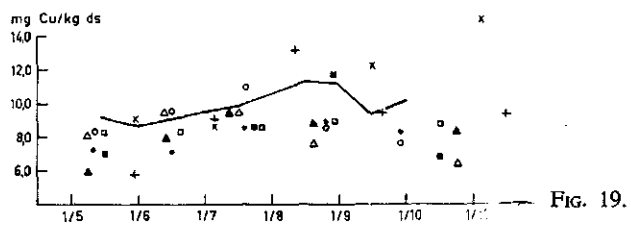


FIG. 19.

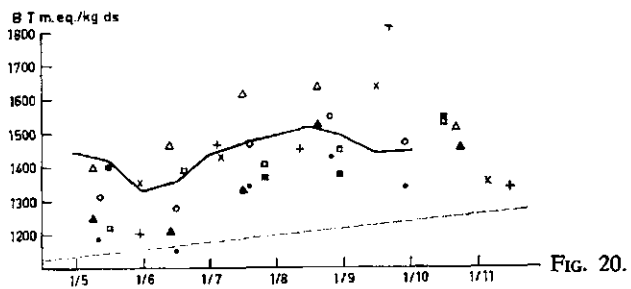


FIG. 20.

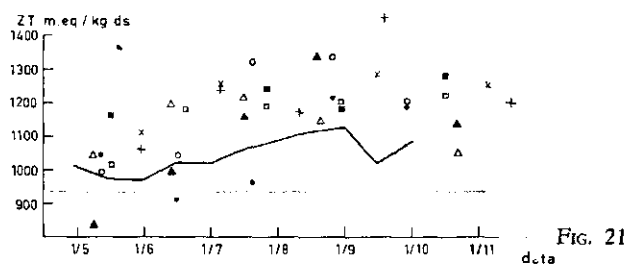


FIG. 21

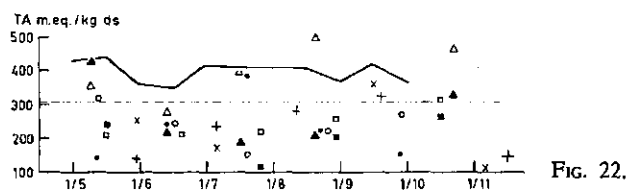


FIG. 22.

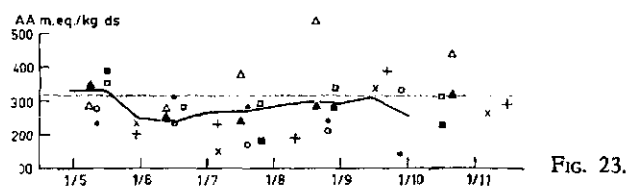


FIG. 23.

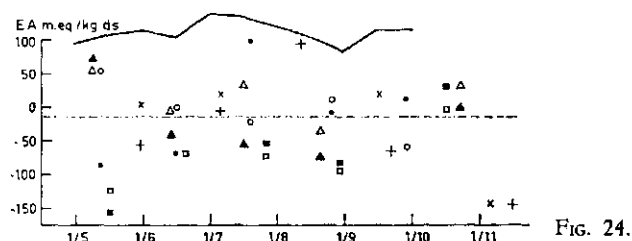


FIG. 24.

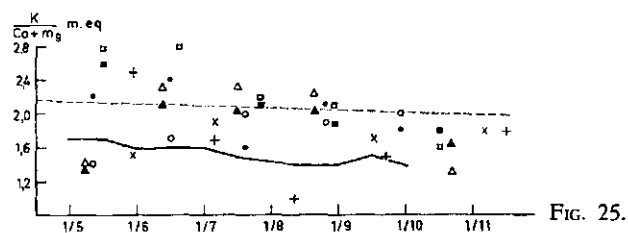


FIG. 25.

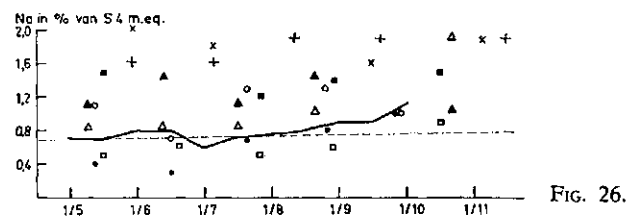


FIG. 26.

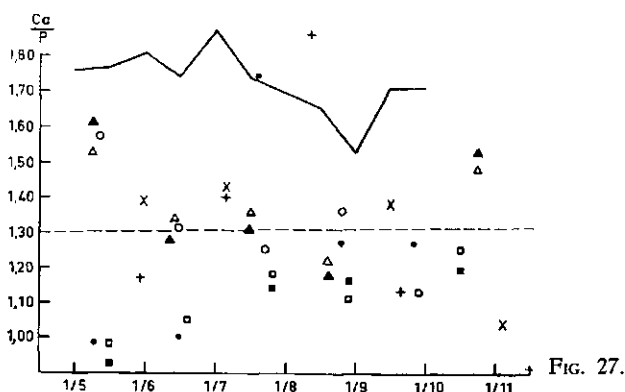


FIG. 27.

hoger liggen dan de lijn van VAN DER KLEIJ. De grote hoeveelheid kalk, die in het afvalwater aanwezig is, is dus van invloed op het CaO-gehalte van het gras. Toch blijven de waarden belangrijk beneden de lijn van BRANDSMA; dit verschil is een gevolg van het ontbreken van klavers en kruiden in het grasbestand van de proefpercelen.

Hetzelfde geldt in mindere mate voor het MgO -gehalte (zie figuur 15). Volgens figuur 16 is het Cl-gehalte van het gras veel hoger dan normaal. De gehalten schommelen sterk en variëren van 1,00—2,40%. Het Cl-gehalte van het afvalwater is nogal hoog, door de aanwezigheid van NaCl.

Blijkens figuur 17 is het P_2O_5 -gehalte van het gras hoger dan de waarde die BRANDSMA vond en veel hoger dan VAN DER KLEIJ vaststelde voor gras zonder klaver en kruiden. Het zuivelafvalwater bevat grote hoeveelheden P_2O_5 en dit is duidelijk van invloed op het P_2O_5 -gehalte van het gras.

De SO_4 -gehalten (zie figuur 18) liggen wat boven de lijn van BRANDSMA, maar komen vrij goed overeen met de gehalten die VAN DER KLEIJ vond.

Het Cu-gehalte is blijkens figuur 19 iets lager dan normaal.

Opvallend is, dat het gras van het proefveld Heeten in minerale samenstelling zo weinig afwijkt van dat der andere proefvelden, ondanks het grote verschil in bemesting.

Uit het voorgaande is gebleken, dat de minerale samenstelling van het gras van de afvalwaterproefvelden enigszins afwijkt van het normale gras van BRANDSMA en VAN DER KLEIJ. Het K_2O -, Na_2O -, P_2O_5 - en Cl-gehalte is beduidend hoger dan normaal.

De vraag is nu, welke invloed dit kan hebben op de gezondheidstoestand van het weidende vee. Helaas kon dit op de proefvelden niet worden nagegaan, daar de exploitatie van deze percelen niet normaal was. Er werd namelijk veel gemaaid en weinig geweid. Alleen in 1955 werd in Jubbega melkvee geweid en werd slechts éénmaal gehooïd. Er deden zich toen enige gevallen van kopziekte voor, doch het aantal was niet groter dan in de voorgaande jaren toen nog geen zuivelafvalwater werd verregend. Overigens was de gezondheidstoestand van het vee goed.

Het hooi, kuilgras en gedroogde gras van de proefpercelen werden door het vee goed opgenomen en er deden zich verder geen moeilijkheden voor. Daaruit mag echter niet worden afgeleid dat de minerale samenstelling van het gras aan redelijke eisen voldoet.

Omtrent de eisen die aan de minerale samenstelling van het gras moeten worden gesteld is nog niet zo heel veel bekend. Sinds enige jaren wordt hiernaar een uitgebreid onderzoek ingesteld, doch er zijn thans nog betrekkelijk weinig gegevens over beschikbaar. Prof. dr. E. BROUWER (4, 5, 6) heeft enige voorlopige normen gegeven; verder hebben we enig houvast aan de analysecijfers van het gras van de normale bedrijven van BRANDSMA (3) en ten slotte zijn er de recente gegevens van prof. ir. M. L. 't HART en A. KEMP (8, 9, 11, 12, 13).

Deze onderzoekers hebben de gewenste verhouding van verschillende mineralen nagegaan. Zij onderscheiden enige grootheden, die in tabel 13 zijn vermeld. In deze tabel zijn de toelaatbare grenzen voor deze grootheden aangegeven alsmede de ziekten en stoornissen die zich kunnen voordoen, wanneer de minerale samenstelling van het voer hiervan afwijkt.

TABEL 13. Enige voorlopige normen ter waardering van de minerale samenstelling van weidegras (alle elementen zijn uitgedrukt in milliaequivalenten per kg zandvrije ds)

Grootheid	Normen volgens			Ziekten bij afwijkend mineralenpatroon
	Brouwer	Brandsma	't Hart en Kemp	
Base-overschot TA = BT ¹⁾ —ZT ²⁾	300—550	235—490		te laag: zure urine en bloedwateren
Alkali-Alkaliciteit AA = K+Na—Cl—S	100—375	135—355		
Aardalkali-alkaliciteit EA = Ca+Mg—P	50—325	40—200		te laag: beengebreen
% Na in BT 100 Na = $\frac{K+Na+Ca+Mg}{K}$	> 7	5,5—14,5		te laag: kopziekte en Na-arme urine
Ca+Mg			< 2,20	te hoog: kopziekte

In de figuren 20 t/m 27 zijn deze waarden voor het gras der afvalwaterproefvelden grafisch weergegeven met de lijnen van BRANDSMA en van VAN DER KLEIJ.

Uit figuur 20 blijkt dat het base-totaal BT weinig verschilt van de lijn van BRANDSMA, maar beduidend hoger ligt dan de lijn van VAN DER KLEIJ.

Door de hogere Cl- en P₂O₅-gehalten ligt het zuurtotaal ZT hoger dan de

¹⁾ BT = base totaal = K + Na + Ca + Mg.

²⁾ ZT = zuur totaal = Cl + P + S.

lijn van BRANDSMA en beduidend hoger dan de lijn van VAN DER KLEIJ (fig. 21). Het base-overschot TA blijkt belangrijk lager te liggen dan de lijn van BRANDSMA en ook lager dan de lijn van VAN DER KLEIJ (fig. 22). De waarde ligt zelfs beneden de door BROUWER aangegeven toelaatbare grens. Dit kan zure urine of bloedwateren van het vee ten gevolge hebben.

Uit figuur 23 blijkt dat de alkali-alkaliteit AA normaal is. De hoge Na_2O - en Cl-gehalten heffen elkaar geheel op.

De aardalkali-alkaliteit EA (figuur 24) komt ongeveer overeen met de waarde die VAN DER KLEIJ voor gras zonder klaver en kruiden vond, maar ligt ver beneden de lijn van BRANDSMA en ook beneden de toelaatbare grens die BROUWER aangeeft. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door de lagere CaO - en MgO -gehalten en anderzijds door de hoge P_2O_5 -gehalten. Volgens BROUWER kan de lage EA-waarde beengibreken bij het rundvee ten gevolge hebben.

In de verhouding $\text{K}/(\text{Ca} + \text{Mg})$ heeft men een vrij betrouwbare maatstaf gevonden voor bepaling van de kans op optreden van kopziekte bij rundvee. Wanneer deze waarde beneden 2.2 blijft is de kans op kopziekte gering. Bij deze grens wordt de kans groot en deze neemt toe naarmate de waarde hoger is. Uit figuur 25 blijkt, dat deze waarde voor het gras van de afvalwaterproefvelden ongeveer gelijk is aan de lijn van VAN DER KLEIJ voor gras zonder klaver en kruiden, maar belangrijk hoger ligt dan de lijn van BRANDSMA. Vooral in het voorjaar wordt de toelaatbare grenswaarde belangrijk overschreden en de kans op optreden van kopziekte bij rundvee is dan nogal groot.

Daar het Na_2O -gehalte zo hoog is, is de verhouding Na in % van BT voor het gras van de proefpercelen hoog. Uit figuur 26 blijkt, dat deze waarden hoger liggen dan de lijnen van BRANDSMA en VAN DER KLEIJ. Er wordt wel verondersteld dat hierdoor de kans op kopziekte geringer wordt, doch dit is nog onvoldoende onderzocht.

In figuur 27 is de verhouding Ca/P uitgezet en deze blijkt voor het gras van de proefpercelen belangrijk beneden de lijn van BRANDSMA en iets lager dan de lijn van VAN DER KLEIJ te liggen. Tot voor kort was de gangbare mening dat deze waarde mag variëren van 1 tot 2. Bij een wijdere of nauwere verhouding zouden zich bij het weidende rundvee beengibreken en onvruchtbaarheid kunnen voordoen.

Recente onderzoeken doen vermoeden dat een Ca/P-verhouding van 1.3—1.5 het meest gewenst is. Uit figuur 27 blijkt dat voor het gras van de proefpercelen deze verhouding wat nauwer is, maar de afwijking is slechts klein en nadelige gevolgen voor het weidende vee zijn daarvan niet te verwachten.

Samenvattend kunnen we zeggen, dat de directe invloed van de berekening met zuivelafvalwater op de mineralenconstellatie gering is en dat de gevonden waarden weinig verschillen met die welke VAN DER KLEIJ vaststelde voor gras zonder klaver en kruiden. De indirecte invloed is echter belangrijk, want door het hoge bemestingsniveau en de intensieve graslandexploitatie verandert de botanische samenstelling en verdwijnen klavers en kruiden uit het grasbestand.

Daardoor worden de calcium- en magnesiumgehalten laag. Door de zware bemesting zijn de kali- en fosfaatgehalten hoog. Hierdoor wordt het mineralenpatroon ongunstig beïnvloed. Om daarin verbetering te brengen, kan worden gestreefd naar een grasbestand met meer klaver en kruiden. Men zal dan moeten overgaan tot de aanleg van kunstweiden. Een meer voor de hand liggende oplossing is, dat men streeft naar een normale kali- en fosfaatbemesting, waardoor het K_2O - en P_2O_5 -gehalte van het gras tot het normale niveau wordt teruggebracht. Daardoor zal de verhouding $K/(Ca + Mg)$ kunnen worden teruggebracht tot een waarde die lager ligt dan 2,20.

De waarde EA, die thans te laag is, zal door verlaging van het P_2O_5 -gehalte kunnen worden opgevoerd tot boven het door BROUWER gestelde minimum van + 50.

De minder gunstige minerale samenstelling van het gras moet dus niet worden gezien als een noodzakelijk gevolg van het gebruik van zuivelafvalwater, maar als een gevolg van het toedienen van een te grote hoeveelheid daarvan. Het euvel kan worden verholpen, door de te beregenen oppervlakte uit te breiden.

IX. DE JUISTE DOSERING VAN ZUIVELAFVALWATER EN DE NOODZAKELIJKE AANVULLENDE BEMESTING

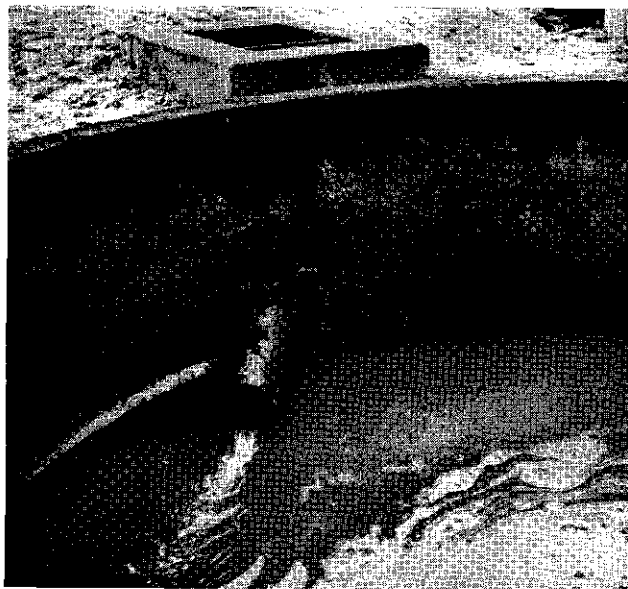
Uit het vorige hoofdstuk is gebleken, dat het rendement van N, K_2O en P_2O_5 , aanwezig in het zuivelafvalwater, hoog is en waarschijnlijk ongeveer gelijk gesteld kan worden aan het effect van kunstmest. De kali is direct opneembaar voor de planten. Wat stikstof en fosfaat betreft, is de werking minder snel, daar deze elementen aan de eiwitten gebonden zijn en pas opneembaar worden na mineralisatie van de eiwitten. De snelheid van deze omzetting is afhankelijk van de weersomstandigheden. In het voorjaar verloopt de mineralisatie langzamer dan in de zomer. Wat het fosfaat betreft is dit geen bezwaar, daar in de grond steeds een voorraad in opneembare vorm aanwezig is. Dit geldt echter niet voor de stikstof; wanneer het voorjaar koud en schraal is, zal de mineralisatie langzaam verlopen en is gebruik van kunstmeststikstof nodig om een goede grasgroei te verkrijgen.

In hoofdstuk 7 is reeds medegedeeld, dat de verhouding van N : K_2O : P_2O_5 in het afvalwater van boter- en kaasfabrieken niet overeenkomt met de behoefte van grasland. Ten opzichte van N bevat het afvalwater te veel K_2O en veel te veel P_2O_5 . Uit het vorige hoofdstuk is gebleken, dat het, in verband met de minerale samenstelling van het gras, ongewenst is om te veel K_2O en P_2O_5 toe te dienen. Het zuivelafvalwater zal nu zo moeten worden gedoseerd, dat in de fosfaatbehoefte wordt voorzien. Er is dan nog een tekort aan K_2O en N en er zal dus nog een aanvullende bemesting nodig zijn met kali en stikstof, in de vorm van kunstmest.

Om een goed plan voor een beregeningsinstallatie op te kunnen stellen, is het nodig, dat de hoeveelheid en de chemische samenstelling van het afvalwater bekend zijn. Verder dient ook de toekomstige graslandexploitatie vast te staan. Op grond van deze gegevens kan de te beregenen oppervlakte worden bepaald en het plan voor de beregeningsinstallatie worden uitgewerkt.

Om een globale indruk te geven van de hoeveelheid zuivelafvalwater die kan worden toegediend en de aanvullende bemesting die nodig is, is in tabel 14

FIG. 28. Vergaarbassin. De aanvoerbuiss is tangentieel geplaatst en het afvalwater blijft daardoor in ronddraaiende beweging.



daarvan een overzicht gegeven voor de verschillende wijzen van grasland-exploitatie.

De berekening is gebaseerd op een gemiddeld gehalte van het afvalwater van 50 mg/l P_2O_5 , 75 mg/l K_2O en 80 mg/l N.

Deze gehalten zijn voor gesaneerde boter- en kaasfabrieken normaal.

Naast het bemestingsschema is in kolom 4 aangegeven hoeveel mm afvalwater per jaar kan worden toegediend om aan de fosfaatbehoefte van het grasland te voldoen. In de kolommen 5 t/m 7 is aangegeven hoeveel P_2O_5 , K_2O en N deze gift bevat. Ten slotte is in de kolommen 8 en 9 de noodzakelijke aanvullende bemesting vermeld.

Er zal nog extra stikstof moeten worden toegediend. Deze aanvullende stikstofbemesting is niet opgegeven, daar de hoeveelheid geheel afhankelijk is van de weersomstandigheden. Wanneer tijdens het gehele groeiseizoen de temperatuur normaal is, kan worden verwacht dat de in kolom 7 van tabel 14 vermelde hoeveelheid stikstof, die in het afvalwater aanwezig is, ook beschikbaar komt voor het gewas. Wanneer de temperatuur echter laag is en het mineralisatieproces langzamer verloopt, zal er minder stikstof beschikbaar komen en men zal daarmee rekening moeten houden bij de toediening van kunstmeststikstof. Deze kunstmeststikstof is vooral nodig in het voorjaar.

TABEL 14. Overzicht van de meststofbehoefte, de toe te dienen hoeveelheid zuivelafvalwater en de aanvullende bemesting van grasland

Wijze van exploitatie	Bemestingsschema		Toe te dienen hoeveelheid afvalwater en daarin aanwezige meststoffen				Aanvullende bemesting	
	P_2O_5	K_2O	afvalwater	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	kg per ha		mm	kg per ha			kg per ha	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Uitsluitend weiden	30	60	60	30	45	48	—	15
1 x maaien, verder weiden	50	140	100	50	75	80	—	65
2 x maaien, verder weiden	70	220	140	70	105	112	—	115
3 x maaien, verder weiden	90	300	180	90	135	144	—	165
Uitsluitend maaien	110	380	220	110	165	176	—	215

Wanneer we een boter- en kaasfabriek hebben welke 10 mln kg melk per jaar verwerkt, dan kan de hoeveelheid afvalwater op gemiddeld 75 m³ per dag worden gesteld. Als het afvalwater alleen gedurende het groeiseizoen wordt verregend, kunnen we het aantal dagen dat er gesproeid wordt, op gemiddeld 200 stellen. Er is dan de volgende oppervlakte grasland nodig voor het verregenen van het afvalwater:

TABEL 15. Vereiste oppervlakte grasland voor de verregening van het afvalwater van een boter- en kaasfabriek die 10 mln kg melk per jaar verwerkt

Wijze van exploitatie	Vereiste oppervlakte grasland ha
Uitsluitend weiden	23
1 x maaien, verder weiden	14
2 x maaien, verder weiden	10
3 x maaien, verder weiden	8
Uitsluitend maaien	6,4

De tabellen 14 en 15 zijn gebaseerd op gemiddelden. De hoeveelheid en de samenstelling van het afvalwater kunnen voor verschillende fabrieken ver uiteenlopen. Voor het opstellen van een plan voor het verregenen van het afvalwater is het dan ook beslist noodzakelijk, dat eerst een onderzoek wordt ingesteld naar de hoeveelheid en de samenstelling van het water en dat op grond daarvan voor de gegeven graslandexploitatie het te beregenen areaal wordt vastgesteld.

In het voorgaande is bij de bepaling van de juiste regengift alleen rekening gehouden met de bemesting. Tijdens droge jaren kan voor een goede vochtvoorziening van het grasland een grotere hoeveelheid water gewenst zijn. Dit is mogelijk door ook het koelwater te verregenen.

X. DE VERREGENING VAN AFVALWATER ALS ZUIVERINGSMETHODE

In de inleiding is er reeds op gewezen, dat de verregening van zuivelafvalwater primair is te beschouwen als één der methoden, welke de fabrieken ter beschikking staan om het afvalwatervraagstuk op te lossen. De belangen van de graslandgebruiker zijn van secundaire betekenis, mede omdat de groeifactor "water" op de meeste plaatsen in voldoende hoeveelheid aanwezig is en in de behoefte aan meststoffen kan worden voorzien door kunstmest. Toch moet hieraan onmiddellijk worden vastgeknoopt dat de overwegend gunstige invloed van het water als zodanig en van de meststoffen in het afvalwater op de opbrengst van het gewas een bijkomstigheid is, welke de praktische toepassing van het systeem in niet geringe mate heeft bevorderd.

De verregening van het afvalwater kan worden gezien als een geperfectioneerde uitvoeringsvorm van de oudste zuiveringsmethode die we kennen, nl. de bevoeiing met afvalwater van cultuurgrond. Een aantal deskundigen in Engeland kwam omstreeks 1870 na een uitgebreide studie zelfs tot de slotsom, dat deze bevoeiing de „meest bruikbare behandelingsmethode van afvalwater" was. In dat land werd de landbehandelingsmethode zelfs wettelijk voorgeschreven.

Het aantal teleurstellingen was echter bijzonder groot, niet in het minst doordat zeer grote oppervlakten land, met de daarmee gepaard gaande kosten van egaliseren enz., voor het welslagen noodzakelijk bleken. Men heeft in het verleden getracht hieraan te ontkomen door het nemen van bepaalde voorzorgsmaatregelen (b.v. drainage van de terreinen), doch in het overgrote deel van de gevallen zonder succes.

In hoofdzaak kan het mislukken van de bevoeiingsmethode worden toegeschreven aan het toedienen van een te grote hoeveelheid water per oppervlakte-eenheid en de slechte verdeling over het land. Deze twee factoren hebben beide tot gevolg, dat de poriën in de grond volledig met afvalwater worden en blijven gevuld, waardoor de atmosferische zuurstof in onvoldoende mate kan binnendringen, de oxydatie van de organische stoffen achterblijft, zich rottingsverschijnselen gaan voordoen en ten slotte stank optreedt.

Het is dan ook niet verwonderlijk, dat na de opkomst en ontwikkeling van de kunstmatige zuiveringsinstallaties, de vloeivelden in aantal snel afnamen en thans, vooral in ons land, nog maar sporadisch worden aangetroffen. Vanzelfsprekend is deze ontwikkeling tevens bevorderd door de ontzagwekkende toename van de hoeveelheid afvalwater die in onze maatschappij ontstaat (industrialisatie) en de verbetering van de hygiënische toestanden.

Men heeft omstreeks de eeuwwisseling wel getracht de zojuist genoemde nadelen van de bevoeiing te voorkomen door het versproeien van het afval-

water, hetgeen toentertijd met handkracht geschiedde, doch dit bleef beperkt tot incidentele proeven. Na de eerste wereldoorlog werden belangrijke voor-
ringen gemaakt op het terrein van de berekeningstechniek en dit leidde mede
tot de stichting van installaties voor de verregening van afvalwater. Vooral in
Duitsland en speciaal gedurende de tweede wereldoorlog, is deze vorm van
zuivering van afvalwater sterk gepropageerd.

De belangrijkste voordelen van de verregening van afvalwater ten opzichte
van bevoeling zijn:

1. De meer algemene toepasbaarheid
2. De lagere kosten, doordat egalisering van het terrein niet noodzakelijk is
3. De betere verdeling van het water over het land.

Zoals vermeld is o.m. het in vele gevallen mislukken van de landbehandeling
aanleiding geweest tot de ontwikkeling van de zuiveringssystemen, zoals we
die nu in de afvalwaterzuiveringsinstallaties toepassen. In principe vinden
echter in alle gevallen dezelfde processen plaats, nl. de biochemische oxydatie
of mineralisatie van organische stoffen. Voor het verkrijgen van een inzicht in
wat zich in de grond afspeelt, heeft echter de studie van de hedendaagse
methoden in niet geringe mate bijgedragen.

Hiervan zij slechts vermeld, dat men kan aannemen dat bij de landbehande-
ling de grove onopgeloste bestanddelen die in het afvalwater voorkomen aan
het oppervlak door filtratie worden tegengehouden.

In de aangewende rustperioden worden deze stoffen door micro-organismen
aangetast en geoxydeerd. Indien de hoeveelheid van deze stoffen niet te groot
is — hetgeen b.v. bij normaal zuivelafvalwater steeds het geval is — en de
duur van de rustperioden voldoende is, is hiervoor steeds genoeg zuurstof
aanwezig.

De opgeloste organische stoffen worden geadsorbeerd door de slijmige huid-
jes, die rondom de gronddeeltjes ontstaan. De in deze huidjes aanwezige
micro-organismen bewerkstelligen de oxydatie, met behulp van de luchtzuur-
stof die in de bodemporiën aanwezig is.

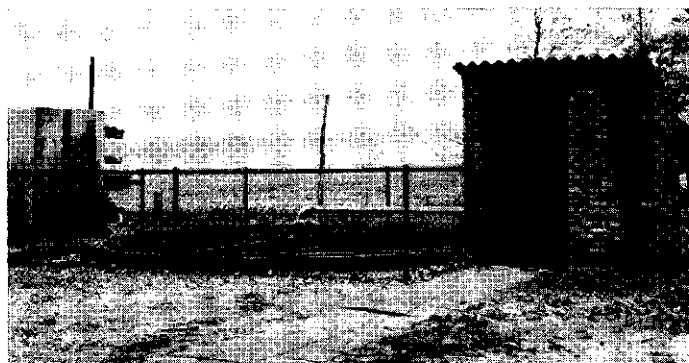


FIG. 29. Vergaarbassin
en pompgebouwtje. De
zuigleiding van de
pomp is in de as van
het bassin aangebracht.

Hierbij is dus geen sprake van filtratie in de eigenlijke betekenis van het woord of van een chemische binding. De omzettingen als zodanig en de groepen micro-organismen welke deze tot stand brengen, zijn natuurlijk afhankelijk van de aard der organische stoffen die in het water voorkomen.

Het staat vast, dat het zuivelafvalwater, waarin niet of nauwelijks afgebroken eiwitten en hoogstens tot melkzuur omgezette melksuiker, enig vet, sporenelementen en vitaminen voorkomen, voor de micro-organismen een ideale voedingsbodem vormt.

Ook de verhouding van de minerale bestanddelen is bijzonder gunstig en daar in normale omstandigheden micro-organismen van de meest verschillende soorten in de grond voorkomen, is het duidelijk dat er een praktisch volledige afbraak van de genoemde organische stoffen plaats heeft. Dit betekent dat, aangenomen dat steeds voldoende zuurstof aanwezig is, er uiteindelijk koolzuur en water en verder carbonaten, nitraten en fosfaten zullen ontstaan, die grotendeels de planten ten goede komen. Voor de zuivering in engere zin is slechts van belang, dat door deze omzettingen de organische stoffen zijn getransformeerd in anorganische verbindingen, die zonder bezwaar op openbaar water kunnen worden geloosd.

Van lozing op openbaar water is alleen sprake, wanneer b.v. door drainering afvoer mogelijk is. Is dit niet het geval, dan zullen deze zouten of door de plant worden opgenomen of worden uitgespoeld en in het grondwater terechtkomen.

Omtrent een vergelijking van de kosten van de verregening van het afvalwater van zuivelfabrieken ten opzichte van andere zuiveringsmethoden zij verwezen naar hoofdstuk 12.

XI. APPARATUUR VOOR HET VERREGENEN VAN ZUIVEL- AFVALWATER

Vergaarbassin

In het voorgaande is reeds medegedeeld, dat het gewenst is dat een reservoir van voldoende inhoud aanwezig is, waarin het afvalwater, dat door de fabriek wordt afgevoerd, wordt opgevangen. Daardoor wordt in de eerste plaats bereikt dat het afvalwater een meer homogene samenstelling krijgt, hetgeen van grote betekenis kan zijn, daar in het algemeen de concentratie van afvalwater van zuivelfabrieken zeer sterk kan variëren. Stoffen, die schadelijk zouden kunnen zijn voor het grasland, worden geneutraliseerd of althans zodanig verdund, dat de kans op schade veel geringer wordt.

Ook om andere redenen is een vergaarbekken noodzakelijk. De afvoer van afvalwater fluctueert zeer sterk. Wanneer geen vergaarbekken zou worden gebruikt, dienen de pomp en de regeninstallatie een capaciteit te hebben die overeenkomt met de maximale afvoer. Men zou dan vervallen in een installatie van zeer hoge capaciteit, die onnodig kostbaar zou zijn.

Bij de meeste zuivelfabrieken is bovendien een grens gesteld aan de belasting van het elektriciteitsnet. Wanneer deze grens wordt overschreden, wordt een zeer hoog stroomtarief in rekening gebracht. Men zal er dus naar streven om daar beneden te blijven en in de regel betekent dit dat de beregeningsinstallatie pas in bedrijf kan worden gesteld, als de verwerking van de melk zo ver gevorderd is, dat enige andere machines, apparaten en werktuigen kunnen worden uitgeschakeld. De grootte van het vergaarbassin wordt dan bepaald door de hoeveelheid afvalwater, die tot dat moment wordt afgevoerd. Om de gewenste inhoud van het reservoir te kunnen bepalen, dient men betrouwbare gegevens te hebben over het verloop van de afvalwaterafvoer over de dag. In figuur 31 is de afvalwaterafvoer van een zuivelfabriek weergegeven, waaruit blijkt dat in deze afvoer grote fluctuaties voorkomen.

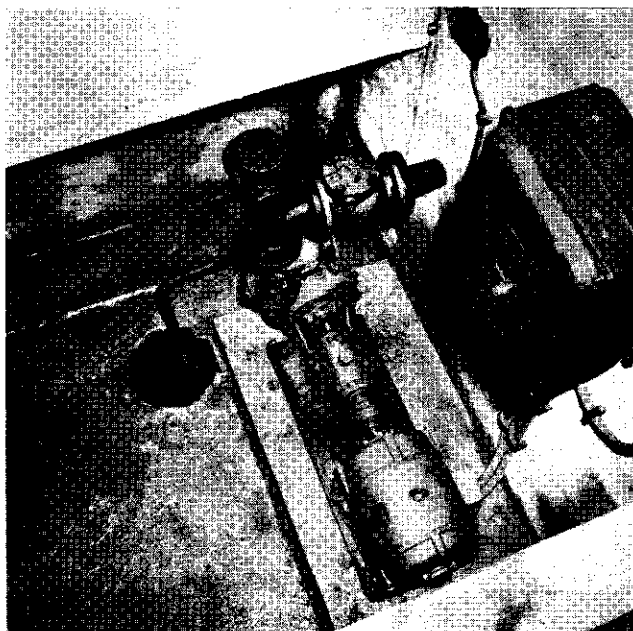


FIG. 30. Niet-zelfaanzuigende pomp,
opgesteld in kelder.

De fabrieken te Tijnje, Jubbega en Heeten gebruiken reservoirs van resp. 30, 25 en 15 m³ inhoud. Bij de drie genoemde installaties hebben de vergaarbassins een cilindrische vorm. De wanden zijn uitgevoerd in gewapend beton.

Men heeft in de laatste jaren bij de bouw van deze bassins wel gebruik gemaakt van de mallen, die men aanwendt bij het bouwen van de silo's voor het inkuilen van gras. Dit blijkt een niet onbelangrijke kostenbesparing te betekenen. Uiteraard is de toepassingsmogelijkheid hiervan afhankelijk van de benodigde inhoud van het bassin.

Het is voor een goede werking van de pomp en voor het tegengaan van rotting in het vergaarbekken van belang dat zich op de bodem geen bezinksel uit het afvalwater kan afzetten. Ter vermijding hiervan is het doelmatig om de invoerbuis tangentieel boven in de wand (figuur 28) en de zuigleiding van de pomp centraal in de bodem (figuur 29) aan te brengen. De bodem dient dan van alle zijden naar dit centrale punt toe af te hellen. Op deze wijze wordt het afvalwater in een draaiende beweging gehouden waardoor de zwevende delen geen gelegenheid krijgen te bezinken.

Het verdient voorts aanbeveling dat voorzieningen worden getroffen om, na beëindiging van het pompen, de wanden van het bassin schoon te kunnen spoelen, terwijl het dan tevens nodig is dat het bassin wordt leeggepompt, om rotting te voorkomen.

Pomp en motor

Voor het verregenen van zuivelafvalwater is een pomp vereist met een opvoerhoogte van 50—60 m waterkolom. Daar het afvalwater sterk verontreinigd is, moet gebruik worden gemaakt van een vuilwaterpomp. Dit is een pomp met open waaiers of met buiswaaiers. Te Tijnje en Heeten zijn Storkpompen type UE 6,5 I.B.S., met ijzeren pomphuis en buiswaaiers in gebruik. De capaciteit bedraagt 30 m³/uur bij 45 m opvoerhoogte en voor het aandrijven

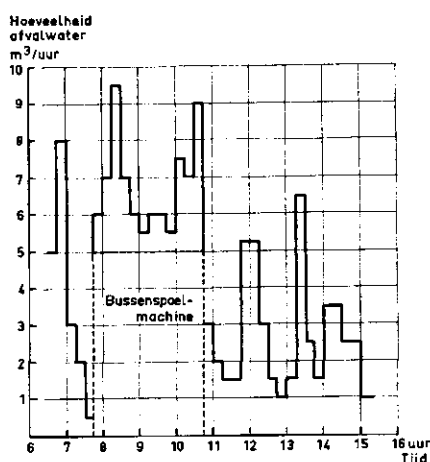


FIG. 31. Verloop van de afvalwaterafvoer van een zuivelfabriek, per dag.

wordt een elektromotor van 20 pk gebruikt. Deze pompen hebben tot heden zeer goed voldaan en verstoppingen deden zich niet voor. Te Jubbega wordt een Perrotpompe SP 51 E met gesloten waaiers gebruikt. Aan de zuigbuis is een zuigkorf met fijne mazen aangebracht, waardoor de grovere verontreinigingen worden tegengehouden. Ondanks deze maatregel komt het nog wel eens voor dat de pompe verstopt raakt en gedemonteerd moet worden.

De vuilwaterpompen zijn in de regel niet zelfaanzuigend. Daar de motor gewoonlijk automatisch in- en uitgeschakeld wordt door een vlotterschakelaar, moet er dus voor worden gezorgd dat pompe en zuigleiding steeds met water zijn gevuld. Het heeft geen zin om in de zuigleiding een terugslagklep aan te brengen, daar zo'n klep, als gevolg van de verontreiniging in het water, meestal lekt. In Tijnje en Heeten is de pompe in een kelder naast het reservoir opgesteld (figuur 30). Daar kelder en bassin even diep zijn, zijn zuigleiding en pompe dus altijd met water gevuld. Het bezwaar van deze opstelling is, dat de aanleg van zo'n kelder nogal duur is en er praktisch altijd lekwater in de kelder komt, waardoor bij onvoldoende toezicht de motor wel eens in het water komt te staan. Deze lekkages zijn niet te voorkomen, daar de stopbussen van een pompe altijd iets lekken. In ieder geval is het noodzakelijk om bij een dergelijke opstelling een waterdichte motor te gebruiken.

De beste oplossing is een dompelpompe. Deze kan in het reservoir worden geplaatst. De elektromotor is hoger opgesteld dan de rand van het bassin, zodat de motor nooit in het water kan komen te staan. De pompe is een verticale centrifugaal-pompe, die door een verticale as rechtstreeks aan de elektro-

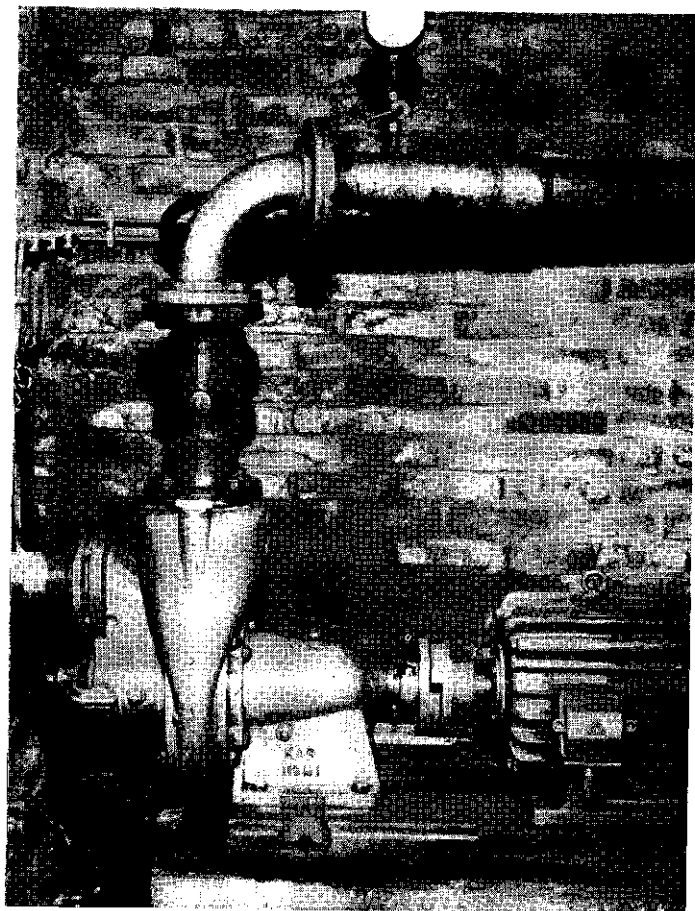


FIG. 32. Zelfaanzuigende pompe, op maaiveldhoogte opgesteld.

motor is gekoppeld. De lengte van de as moet dusdanig zijn, dat de pomp steeds in de te verpompen vloeistof is ondergedompeld. In Nederland worden wel dompelpompen gemaakt, maar de opvoerhoogte daarvan is laag, zodat ze niet kunnen worden gebruikt voor beregeningsdoeleinden. Dit pomptype wordt voor het verregenen van zuivelafvalwater in Nederland dan ook nog niet toegepast.

Verder is het mogelijk om een afvalwaterpomp te gebruiken, die door een bijzondere constructie zelfaanzuigend is. De zelfaanzuigende werking kan worden verkregen, door het pomphuis een speciale vorm te geven, waardoor steeds een hoeveelheid water daarin achterblijft. De lucht die in de zuigbuis aanwezig is, wordt in de vorm van een vloeistof-luchtmengsel door de waaier naar de omkasting gevoerd, waar de lucht ontwijkt en de vloeistof terugvloeit in het pomphuis, om opnieuw dienst te doen bij het wegzuigen van de lucht. Zodra alle lucht uit de zuigleiding is verwijderd, wordt uitsluitend water aangezogen en werkt de pomp als een normale centrifugaalpomp. Dit pomptype, nl. een Kuil- en Rottinghuispomp SA 80, wordt met veel succes gebruikt voor de verregening van het afvalwater van de zuivelfabriek te Elsloo (figuur 32).

Een niet zelfaanzuigende pomp kan men zelfaanzuigend maken door in de zuigleiding een interceptor te plaatsen. Dit is een vacuümtank, die gedeeltelijk met water is gevuld. Even boven de bodem van de ketel is de buisaansluiting met de zuigzijde van de pomp. Boven in de ketel mondt de zuigbuis uit, die het water uit het reservoir moet aanvoeren (zie figuren 33 en 34). Daar de vacuümtank gedeeltelijk met water is gevuld en de pomp beneden de vloeistofspiegel is opgesteld, is het pomphuis steeds met water gevuld. Wanneer nu de pomp wordt aangezet en het water uit de tank zuigt, daalt het waterniveau in de ketel, waardoor het water in de zuigbuis opstijgt en in de vacuümtank stroomt. Bij de beregeningsinstallatie van de zuivelfabriek te Hollum is een Stork afvalwaterpomp type NU 22—6 met interceptor in gebruik. Gebleken is dat het systeem goed voldoet.

Ondergrondse leiding met hydranten

Er wordt in de regel door het te beregenen complex een vaste ondergrondse leiding aangelegd. Op onderlinge afstanden van 48 tot 72 m worden in deze leiding kranen gemonteerd, z.g. hydranten, waarop de bovengrondse zijleiding met sproeiers kan worden aangesloten. Voor deze ondergrondse leiding kan asbestcement- of plastic buis worden gebruikt. Vroeger werd algemeen stalen buis toegepast. Te Jubbega zijn voor de ondergrondse leiding dunwandige, gegalvaniseerde, stalen buizen gebruikt. Deze buizen zijn uitwendig met een laag asfalt bedekt. Het is gewenst om deze buizen ook inwendig te asfalteren, daar de kans op aantasting van het materiaal vrij groot is. Bij gebruik van asbest-cement buis is een dergelijke behandeling eveneens aan te bevelen, bij plastic buis is het niet nodig.

Aangroeiing van afvalstoffen, aan de binnenwand van de leiding, werd bij ondergrondse leidingen niet waargenomen.

De installaties te Heeten en Hollum (Ameland) zijn uitgevoerd met asbest-cement buizen, die tot heden goed hebben voldaan. Voor de installatie te Elsloo en Waskemeer is gebruik gemaakt van plastic buizen.

Bovengrondse verplaatsbare snelkoppelleiding

Hiervoor worden dunwandige gegalvaniseerde stalen of aluminium buizen gebruikt. Deze buizen zijn 6 of 9 m lang en kunnen door een z.g. snelkoppeling met elkaar worden verbonden. Het gewicht der buizen is gering, vooral van de aluminium buizen. Het ontkoppelen, verplaatsen en weer koppelen van 200 m snelkoppelleiding vergt ongeveer 1 man-uur arbeid.

Het is noodzakelijk om de gegalvaniseerde stalen snelkoppelbuizen inwendig te asfalteren, daar de kans op aantasting van de beschermende zinklaag nogal groot is. Te Tijnje heeft zich dit voorgedaan, waarschijnlijk doordat de buizen lange tijd met zuur afvalwater waren gevuld. Deze buizen zijn thans nog wel in gebruik maar zullen snel doorroesten.

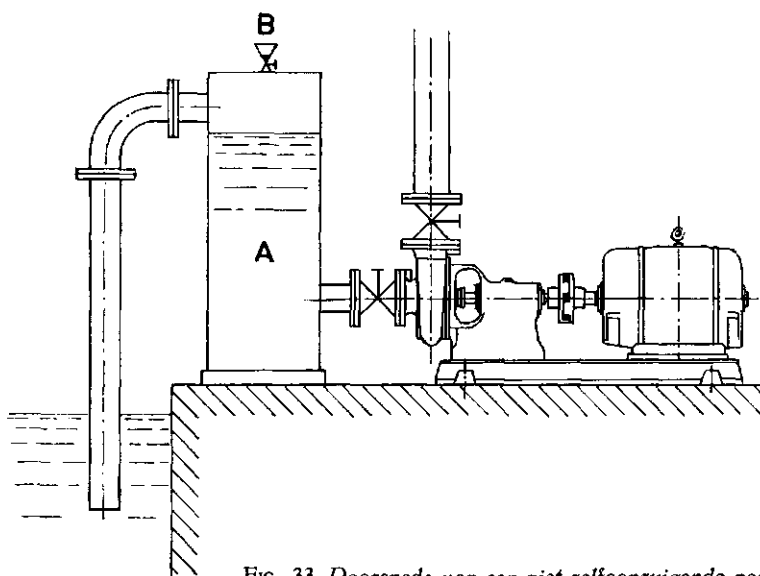


FIG. 33. Doorsnede van een niet-zelfaanzuigende pomp met interceptor (A).

Bij aluminium buizen is het gevaar voor aantasting minder groot, wanneer de juiste legering wordt toegepast. Het is echter ook dan aan te bevelen om de buizen inwendig te asfalteren.

De installaties, die thans in gebruik zijn voor het verregenen van zuivel-afvalwater, zijn alle uitgerust met gegalvaniseerde stalen snelkoppelleidingen, die niet geasfalteerd zijn.

Sproeiers

Daar het afvalwater soms grove verontreinigingen bevat, mag het mondstuk van de sproeiers niet te klein zijn, daar anders verstopping kan optreden.

Aanvankelijk werden uitsluitend grote sproeiers gebruikt met mondstuk \varnothing 16—20 mm. Het nadeel van deze grote sproeiers is, dat de regenintensiteit daarvan hoog is (12 mm/uur) waardoor plassen ontstaan en de grond dicht-slaat. Bovendien moeten deze grote sproeiers dikwijls worden verplaatst.

Grote sproeiers zijn in Tijnje en Heeten in gebruik. In Jubbega is men direct begonnen met kleine sproeiers met een mondstuk \varnothing 6 mm. Deze sproeiers raken wel eens verstopt, maar voldoen verder toch goed.

Voor de installaties te Hollum en Elsloo zijn sproeiers met mondstuk \varnothing 10 mm genomen, waarbij de kans op verstopping gering is (figuren 1 en 9).

Van belang is dat de afvoergoten naar het vergaarbekken, die voorzien zijn van roosters om grove verontreinigingen tegen te houden, dagelijks worden gereinigd. Als daar niet op wordt gelet, leidt dit tot verstopping van de sproeiers en dus tot een minder goed functioneren van de beregeningsapparatuur.

Bij het opstellen van een plan voor een beregeningsinstallatie moet er rekening mee worden gehouden dat de regenintensiteit van de sproeiers niet groter mag zijn dan de doorlatendheid van de grond. Deze doorlatendheid van de grond dient eerst te worden bepaald (figuur 3).

De sproeiers verdelen het water in fijne druppels. De kleinste druppels kunnen door de wind vrij ver worden meegevoerd. Het te beregenen complex moet daarom niet in de onmiddellijke nabijheid van woningen zijn gelegen, daar het stinkende water de bewoners veel overlast zou bezorgen. Daar de westenwinden overheersen, zal aan de oostkant van het complex in ieder geval een onbewoonde strook van 300 m moeten zijn.

Het is bekend, dat gronden die met zuivelafvalwater werden bevoeid, in de zomer veel stankoverlast opleverden. Wanneer het water echter wordt ver-regend is dit niet het geval; zodra het water in de grond is gedrongen, is de stank ook verdwenen.

In hoofdstuk 9 is reeds vermeld dat het gewenst kan zijn om tijdens droogte-perioden ook het koelwater te verregenen, om aan de vochtbehoefte van het grasland te voldoen. Bij het opstellen van het plan voor een beregenings-installatie dient hiermede rekening te worden gehouden.

XII. KOSTEN EN BATEN VAN HET VERREGENEN VAN ZUIVEL-AFVALWATER, IN VERGELIJKING MET DE KOSTEN VAN ANDERE ZUIVERINGSSYSTEMEN

In tabel 16 zijn de exploitatiekosten van de berekening voor enige zuivelfabrieken gespecificeerd opgenomen. Voor de zuivelfabriek te Heeten zijn de gegevens niet vermeld, daar berekening hier niet verder kan worden toegepast.

De installaties te Tijnje en Jubbega voldoen ook nog niet geheel aan de eisen. Wel wordt daar een goede zuivering van het afvalwater verkregen, maar er worden te veel meststoffen aan de grond toegediend, waardoor men gedwongen is veel te maaien. Wanneer de beregenbare oppervlakte groter zou zijn, zou een normale graslandexploitatie mogelijk worden.

Voor deze fabrieken moet bij een beschouwing van de kosten ook in aanmerking worden genomen, dat buiten het groeiseizoen, van oktober tot maart kan worden volstaan met een natuurlijke lozing van het afvalwater op het openbare water. In Jubbega is dit ook gedurende de rest van het jaar mogelijk, althans in perioden met veel neerslag. Deze omstandigheden hebben vanzelfsprekend een verlagende invloed op het kostencijfer. Wanneer de afvoer van het afvalwater op het openbare water in de winter en in natte perioden in de zomer niet toegestaan zou worden, zouden de totale kosten voor deze fabrieken niet onbelangrijk hoger zijn.

Verder zijn in tabel 16 de exploitatiekosten van de beregeningsinstallatie van de zuivelfabriek te Hollum (Ameland) opgenomen. Het water wordt daar gedurende het gehele jaar versproeid, de bemesting is normaal en er kan ook een normale graslandexploitatie worden toegepast. Zowel wat de waterzuivering als de meststofvoorziening van de grond betreft voldoet de berekening daar aan de eisen.

Bij de beoordeling van de kosten moet rekening worden gehouden met de omstandigheid, dat bij deze fabriek ook in de winter het afvalwater wordt verregend, voor zover de buitentemperatuur dit niet verhindert. Verder zijn de kosten hoger, doordat een groter areaal wordt beregend en dit complex op vrij grote afstand van de fabriek is gelegen, waardoor een lange ondergrondse leiding nodig is.

De fabrieken te Tijnje, Jubbega en Hollum zijn boter- en kaasfabrieken. De hoeveelheden melk die jaarlijks worden verwerkt, zijn in tabel 16 weergegeven, evenals de hoeveelheden afvalwater per dag.

Bij de berekening van de exploitatiekosten van de berekening is ervan uitgegaan, dat de grondgebruiker voor het verplaatsen van de bovengrondse leidingen en de sproeiers zorgdraagt. In de praktijk is dit ook vrijwel steeds het geval, zodat deze arbeidskosten niet ten laste komen van de zuivelfabriek. Alle overige kosten, zoals afschrijving, rente en kosten voor energie en onderhoud, komen voor rekening van de fabriek.

Wanneer tijdens droogteperioden ook een gedeelte van het koelwater wordt

TABEL 16. Overzicht van de exploitatiekosten van de beregening voor de zuivelfabrieken te Tijnje, Jubbega en Holtum

	Tijnje	Jubbega	Holtum
<i>Rente en afschrijving</i>			
Verzamelbassin en pompgebouw			van f 10814,— = f 1713,—
Vaste ondergrondse leiding met hydranten	afschrijvingstermijn 20 jaar, rente 5% van f 6913,— = f 554,—	van f 900,— = f 72,—	„ f 10540,—
Pomp en motor	„ f 1520,—		„ f 1785,—
Elektriciteitsleiding en schakelapparatuur	afschrijvingstermijn 10 jaar, rente 5% „ f 3243,— = f 1116,—	„ f 9100,— = f 1178,—	„ f 463,— = f 582,—
Verplaatsbare leiding met sproeiers	„ f 3856,—		„ f 2246,—
<i>Energiekosten</i>	225 u x 12 kW à f 0,095 = f 257,—	965 u x 7 kW à f 0,08 = f 540,—	430 u x 12 kW à f 0,09 = f 464,—
<i>Onderhoud</i>	f 500,—	f 500,—	f 500,—
<i>Totale exploitatiekosten</i>	f 2427,—	f 2290,—	f 3259,—
Hoeveelheid afvalwater per dag in m³	35	60	40
Hoeveelheid melk, die per jaar wordt verwerkt in mln. kg	8,4	12,5	6,0
Beregenbare oppervlakte grasland in ha	3,5	3,5	8,5

verregend om in de vochtbehoefte van het grasland te voorzien, dan komen de kosten daarvan niet ten laste van de afvalwaterzuivering. Bij de berekening van de exploitatiekosten is het extra energieverbruik daarvoor buiten beschouwing gebleven.

Voor de vaste ondergrondse leidingen, het verzamelbassin en het pompgebouw is een afschrijvingsperiode van 20 jaar genomen. Voor de snelkoppelbuizen, sproeiers, pomp, motor en schakelapparatuur is deze termijn op 10 jaar gesteld. Als rentevoet is 5% genomen. Kosten van rente en afschrijving zijn berekend als annuïteit.

Bij de berekening van de energiekosten is uitgegaan van het gemiddelde aantal draai-uren en de gemiddelde stroomprijs in de laatste jaren.

Voor het onderhoud is een vast bedrag genomen. Daaronder vallen ook de arbeidskosten voor het in- en uitschakelen van de motor, het schoonmaken van het reservoir en de afvoergoten enz.

Wanneer de in tabel 16 vermelde bedragen moeten worden vergeleken met de kosten verbonden aan andere methoden van onschadelijkmaking van het afvalwater, dient men zich in de eerste plaats te realiseren dat de vervuilingsgraad van het afvalwater bij de berekening weinig invloed op de jaarlijkse exploitatiekosten heeft. Bij de kunstmatige zuivering daarentegen is deze factor, uitgedrukt in inwoner-equivalenten, van overwegend belang. Ook de totale hoeveelheid water speelt daarbij, evenals bij de berekening, een rol.

De fabrieken die zijn aangesloten op een gemeentelijk riolerings- en zuiveringsstelsel dragen in de meeste gevallen door betaling van een rioolbelasting bij in de exploitatiekosten van de gemeentelijke installatie. Zoals vermeld, wordt deze belasting veelal berekend op grond van de hoeveelheid en de vervuilingsgraad van het afvalwater van het betrokken bedrijf. Dit komt in de meeste gevallen neer op een bedrag per inwoner-equivalent van 4 tot 8 gulden, afhankelijk van de wijze en mate van zuivering. Aangenomen dat de fabrieken te Jubbege, Tijnje en Hollum een equivalentie-getal zullen hebben van resp. 1500, 1000 en 1000, dan blijkt dat de kosten van de berekening in vergelijking met die van de kunstmatige zuivering, ook in het gunstige geval (4 gld. p. equiv.) betrekkelijk laag zijn.

Een andere oplossing van het afvalwatervraagstuk voor een zuivelfabriek is de exploitatie van een eigen zuiveringsinstallatie. Bestaat deze uit een continu-filter of wordt gezuiverd met behulp van belucht slib in de traditionele beluchtingstanks met nabezinkbassin, dan zijn de kosten een veelvoud van die van de beregeningsinstallatie (ca. 10 tot 20 gulden per equiv. per jaar). Het behoeft dan ook geen verwondering te wekken, dat de bouw van dergelijke installaties, althans in ons land, bij zuivelfabrieken op grote, vooral financiële bezwaren is gestuit.

In de laatste jaren is hierin wel enige verandering gekomen door de onderzoeken van de Rijks Zuivel-Agrarische Afvalwaterdienst, welke dienst de zuivering van zuivelafvalwater door middel van een — door de afdeling gezondheidstechniek T.N.O. ontwikkelde — z.g. oxydatiesloot heeft bestudeerd. De jaarlijkse exploitatiekosten van deze methode bedragen volgens de tot heden op-

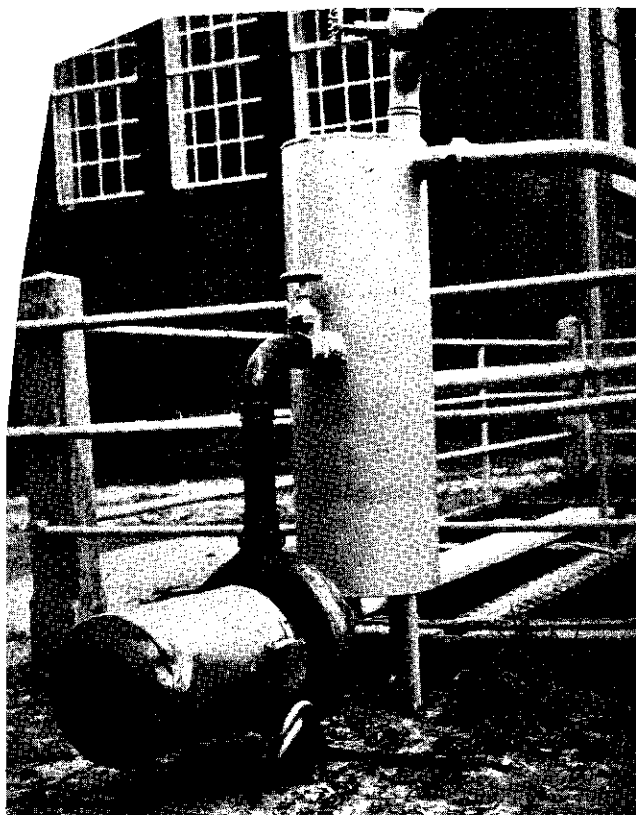


FIG. 34. Niet-zelfaanzuigende
pomp met interceptor

gedane ervaringen ca. f 3,— per equivalent. De bouwkosten van een dergelijke installatie kunnen, vooral in vergelijking met de normale beluchtslibinstallatie, laag genoemd worden.

Deze bouwkosten zijn zeer afhankelijk van de plaatselijke grondgesteldheid en de daardoor bepaalde uitvoeringsnorm van het slootcircuit. Voor een gemiddelde zuivelfabriek met een equivalentiegetal van ca. 1500 zullen de totale investeringskosten variëren van f 10 000,— tot f 25 000,—. In enkele gevallen zullen de investeringskosten dus zelfs lager zijn dan die van een beregeningsinstallatie. Hier staat echter tegenover dat de energiekosten (electr. stroom) in vergelijking met de andere methoden vrij hoog zijn. Toch biedt deze zuiveringsmethode perspectief voor de oplossing van het afvalwaterprobleem van die zuivelfabrieken, die door plaatselijke omstandigheden genoodzaakt zijn een eigen zuiveringsinstallatie te bouwen.

Niettemin kan gezegd worden, dat de verregening van het afvalwater — wanneer de omstandigheden daarvoor geschikt zijn — uit financieel oogpunt voor een zuivelfabriek het meest aantrekkelijk is.

Er wordt nogal eens gevraagd naar de waarde die het zuivelafvalwater heeft voor de landbouw. Wij moeten daarbij onderscheiden de waarde van het water voor de vochtvoorziening van het grasland en de waarde van de meststoffen die in het water aanwezig zijn.

De waarde van het water voor de vochtvoorziening zal hier buiten beschouwing blijven, daar deze geheel afhangt van de weersomstandigheden, het vocht-

houdend vermogen van de grond en de grondwaterstand. Hierin is een zeer grote variatie en de waarde kan zowel positief als negatief zijn.

Wat nu de waarde van de afvalstoffen voor de bemesting betreft, deze kan bij benadering voor alle gronden gelijkgesteld worden. Van veel belang is het wanneer en hoeveel water wordt toegediend. Uit de proeven is wel gebleken dat het water dat tijdens het groeiseizoen op grasland wordt verregend, een hoog bemestingsrendement heeft. Over het effect van het verregenen van zuivelafvalwater in het winterseizoen zijn geen gegevens voorhanden. Verwacht wordt dat dit niet hoog is, ten gevolge van de uitspoeling.

Verder is het van veel betekenis hoe er beregend wordt. Tijdens het groeiseizoen zal niet meer water aan de grond moeten worden toegediend dan nodig is voor de verzadiging van de bewortelde laag. Geeft men meer, dan treden verliezen op. De leiding met sproeiers moet dus op tijd worden verplaatst. Ook moet niet meer worden toegediend dan voor een goede bemesting nodig is. Te hoge fosfaat- en kalibemesting veroorzaakt een ongunstige minerale samenstelling van het gras en kan schadelijk zijn.

Wanneer we aannemen dat de stikstof, de kali en het fosfaat, aanwezig in het zuivelafvalwater, voor zover toegediend tijdens het groeiseizoen, in waarde overeenkomen met die in kunstmest, dan kunnen we deze stoffen als volgt waarderen: $1 \text{ kg N} = f 1,-$; $1 \text{ kg K}_2\text{O} = f 0,35$; $1 \text{ kg P}_2\text{O}_5 = f 0,60$.

Stellen we het gehalte van het afvalwater van een boter- en kaasfabriek weer op 80 mg/l N ; $75 \text{ mg/l K}_2\text{O}$ en $50 \text{ mg/l P}_2\text{O}_5$, dan is de waarde van deze meststoffen gelijk aan $f 0,135$ per m^3 zuivelafvalwater.

De zuivelfabriek te Hollum verregent tijdens het groeiseizoen in 180 dagen totaal ongeveer 7200 m^3 afvalwater. De waarde daarvan kan op $f 975,-$ totaál, of $f 115,-$ per ha worden gesteld, mits het water op de juiste wijze wordt gedoseerd. De boer ontvangt voor de arbeid, die hij aan het verleggen van de sproeileidingen moet besteden, een ruime vergoeding. Wanneer hij bovendien droogtegevoelige grond heeft, waar met de berekening tevens een goede vochtvoorziening van het grasland kan worden verkregen, dan is het voor hem zelfs zeer aantrekkelijk.

XIII. SAMENVATTING

De zuivering van afvalwater door bevoeiing van grasland wordt in Nederland slechts sporadisch toegepast, daar de ervaringen daarmede in het verleden niet gunstig waren. De mislukkingen waren toe te schrijven aan een onoordeelkundige toepassing ervan.

Toen de zuivelindustrie opnieuw belangstelling toonde voor afvalwaterzuivering door landbehandeling, maar nu door middel van beregening, werd door de Rijks Zuivel-Agrarische Afvalwaterdienst en het voormalige Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek besloten een onderzoek in te stellen, om de toepassing van deze zuiveringsmethode in goede banen te leiden. De chemische samenstelling van het afvalwater van een aantal zuivelfabrieken werd systematisch onderzocht en de consequenties van de benutting op grasland werden nagegaan.

Het onderzoek werd in de jaren 1955 t/m 1957 uitgevoerd bij de zuivelfabrieken te Tijnje, Jubbega en Heeten. Te Tijnje werd het afvalwater versproeid op veengrond, te Jubbega en Heeten op zandgrond. De beregening vond alleen gedurende het groeiseizoen plaats. Daar de beregenbare oppervlakte klein was, was de jaarlijkse sproeiwatergift nogal groot. Deze bedroeg te Tijnje 400—500 mm, te Jubbega 200—300 mm en te Heeten 850 mm per jaar. Te Heeten deden zich, als gevolg van de grote sproeiwatergift, spoedig moeilijkheden voor. De grond werd drassig en de produktie en kwaliteit van het grasland gingen achteruit. Te Tijnje en Jubbega was de grasproduktie hoog en de kwaliteit van het grasland verbeterde.

Het gras bleek echter een minder gunstige minerale samenstelling te hebben. De gehalten aan K_2O , P_2O_5 , Na_2O en Cl waren hoger en die aan CaO en MgO lager dan normaal. Dit was gedeeltelijk een direct gevolg van de bemesting met afvalstoffen, doch voor een belangrijk deel was het een indirect gevolg. Door het hoge produktieniveau verdwijnen de klavers en kruiden uit het grasbestand en wijzigt het mineralenpatroon zich in ongunstige zin.

De verhouding $K/(Ca + Mg)$, uitgedrukt in milli-aequivalenten, was groter dan 2,2. De kans op kopziekte bij beweiding met melkvee is dan groot.

De aardalkali-alkaliciteit ($Ca + Mg - P$) van het gras der proefvelden was ver beneden de toelaatbare grens, hetgeen beengebreken bij het rundvee ten gevolge kan hebben.

Ook het base-overschot ($K + Na + Ca + Mg - Cl - P - S$) was te laag en dit kan zure urine of bloedwateren van het vee veroorzaken.

Daar de proefpercelen hoofdzakelijk werden gemaaid en zelden werden beweïd, werden deze ziekten bij het vee niet vastgesteld.

Deze ongunstige minerale samenstelling van het gras moet niet worden gezien als een noodzakelijk gevolg van de beregening met zuivelafvalwater, maar is stellig veroorzaakt door een onjuiste dosering daarvan, waardoor de kali- en fosfaatbemesting veel te hoog werd. Wanneer de gebruikelijke bemestingsnor-

men in acht worden genomen, zal een vrij normale minerale samenstelling van het gras kunnen worden verwacht.

Uit het onderzoek naar de chemische samenstelling van het zuivelafvalwater bleek, dat deze nogal varieert. Voor boter- en kaasfabrieken is de gemiddelde verhouding $P_2O_5 : K_2O : N = 100 : 140 : 140$.

De indruk werd verkregen, dat de werkingscoëfficiënt van de in het zuivelafvalwater aanwezige meststoffen hoog is. Bij het opstellen van het bemestingsadvies moet worden aangenomen, dat voor afvalwater, toegediend tijdens het groeiseizoen, de werking van N, K_2O en P_2O_5 gelijk is aan die van kunstmest. Het afvalwater van boter- en kaasfabrieken bevat ten opzichte van P_2O_5 te weinig K_2O en N. Er dient nu zoveel afvalwater te worden toegediend, dat aan de fosfaatbehoefte van het grasland wordt voldaan. Het dan nog bestaande tekort aan kali en stikstof zal moeten worden aangevuld door bemesting met kunstmest.

Er behoeft niet te worden gevreesd, dat de grond, door de toediening van zuivelafvalwater, zuur zal worden; integendeel, de pH liep zelfs iets op. Het afvalwater bleek grote hoeveelheden CaO te bevatten. Deze stof is niet van de melk afkomstig, maar is in het norton- en leidingwater aanwezig. Daar er weinig CaO door het gras werd opgenomen en uit de analysecijfers van de grond niet blijkt dat het kalkgehalte daarin stijgt, moet voorshands worden aangenomen, dat het CaO weer door het zakwater wordt medegevoerd.

De zuivering van het afvalwater was te Tijnje en Jubbega zeer bevredigend; er was geen stankoverlast en het water in de perceelsslotsen was niet verontreinigd.

Bij aanleg van nieuwe installaties dient, in verband met een juiste bemesting, de beregenbare oppervlakte grasland groter te zijn. Daardoor wordt de jaarlijkse regengift kleiner en de zuivering nog vollediger.

Wanneer voor een zuivelfabriek een plan voor een regeninstallatie moet worden opgesteld, dient eerst een onderzoek te worden ingesteld naar de hoeveelheid en de chemische samenstelling van het afvalwater. Het is gewenst, dat deze beregeningsinstallatie voldoende capaciteit heeft, zodat tijdens droogteperioden ook het koelwater kan worden verregend voor de watervoorziening van het grasland.

Wanneer in de directe nabijheid geschikte grond voor beregening voorkomt, bedragen de exploitatiekosten van de beregeningsinstallatie voor een fabriek die zes miljoen kg melk per jaar verwerkt, ongeveer f 3000,— per jaar. Wanneer een beluchtslibinstallatie of een oxydatiesloot voor de zuivering wordt gebruikt, zijn de exploitatiekosten in de regel hoger.

De versproeiing van zuivelafvalwater is in bepaalde gevallen een goedkope methode van zuivering. Bij een juiste opzet kan het grasland normaal worden geëxploiteerd, terwijl nog belangrijk op bemestingskosten kan worden bespaard. Bovendien bestaat de mogelijkheid, om tijdens droogteperioden het grasland van voldoende water te voorzien.

Verder onderzoek naar het verloop van de botanische samenstelling van het grasland en naar de chemische samenstelling van de grond en het gewas, over

een langere periode voor verschillende gronden, wordt door het Proefstation voor de Akker- en Weidebouw ingesteld.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Reinigung von Abwasser durch Landbehandlung findet in den Niederlanden nicht viel Anwendung, da man früher damit schlechte Erfahrungen gemacht hat. Das damalige Überstauungsverfahren war unzweckmässig.

Als die Molkereien aufs neue Interesse zeigten für die Abwasserreinigung durch Landbehandlung, jetzt aber durch Beregnung, beschlossen der Staatliche Agrarische Abwasserdienst und die damalige Zentralanstalt für Landwirtschaftliche Forschung, zunächst Versuche durchzuführen, um eine richtige Anwendung dieses Reinigungsverfahrens herauszufinden. Die chemische Zusammensetzung des Abwassers einer Anzahl von Molkereien wurde systematisch untersucht und die Folgen von dessen Verregnung auf Grünland beobachtet.

Die Versuche wurden in den Jahren 1955 bis 1957 mit Abwasser der Molkereien in Tijnje, Jubbega und Heeten durchgeführt. In Tijnje verregnete man das Abwasser auf Moorboden, in Jubbega und Heeten auf Sandboden. Es wurde nur in der Wachstumszeit beregnet. Die Verwertungsflächen waren klein und die Wassergaben daher verhältnismässig gross. Sie betrugen jährlich in Tijnje 400 bis 500 mm, in Jubbega 200 bis 300 mm und in Heeten 850 mm. Die Grösse der Wassergabe führte in Heeten bald zu Schäden: der Boden wurde sumpfig und sowohl der Ertrag wie die Qualität des Grünlandes gingen zurück. In Tijnje und Jubbega war der Grasertrag hoch und die botanische Zusammensetzung des Bestandes wurde besser.

Die Mineralstoffverhältnisse des Bestandes waren aber weniger günstig. Die Gehalte an K_2O , P_2O_5 , Na_2O und Cl waren übernormal und die an CaO und MgO unternormal. Teilweise war dies eine direkte Folge der Düngung mit Abwasser, teilweise aber auch eine Folge des Schwindens von Klee und Kräutern bei der Zunahme des Ertrages.

Das Verhältnis $K/(Ca + Mg)$, ausgedrückt in Milliäquivalenten, war grösser als 2,2 und daher die Gefahr gross, dass auf diesem Grünland weidendes Milchvieh von Grastetanie befallen würde.

Die Erdalkali-Alkalizität ($Ca + Mg - P$) des Bestandes der Versuchsfelder unterschritt den eben noch zulässigen Mindestbetrag stark, so dass Knochengebrechen beim Rindvieh zu befürchten waren.

Auch der Basenüberschuss ($K + Na + Ca + Mg - Cl - P - S$) war zu gering, was sauren Harn oder Blutharnen beim Vieh hervorrufen kann.

Da die Versuchsfelder in der Hauptsache gemäht und nur selten geweidet wurden, hat man diese Krankheiten beim Vieh nicht beobachtet.

Diese ungünstigen Mineralstoffverhältnisse des Bestandes sind keine unvermeidliche Folge der Beregnung mit Molkerei-Abwasser. Nur war die Gabe zu gross und daher die Kali- und Phosphorsäuredüngung viel zu stark.

Wenn man sich an die üblichen Düngungsfaustzahlen hält, sind etwa normale Mineralstoffverhältnisse des Bestandes zu erwarten.

Die chemische Analyse der Molkerei-Abwässer zeigte starke Unterschiede. Für Abwässer von Butter- und Käsefabriken kann man als durchschnittliches Verhältnis annehmen $P_2O_5 : K_2O : N = 100 : 140 : 140$.

Wir haben den Eindruck, dass der Wirkungskoeffizient der im Molkerei-Abwasser vorhandenen Nährstoffe hoch ist. Bei der Düngungsberatung ist davon auszugehen, dass im Abwasser, das in der Vegetationsperiode verabreicht wird, die Wirkung von N , K_2O und P_2O_5 ebenso gut ist wie in Handelsdünger. Das Abwasser der Butter- und Käsefabriken enthält im Verhältnis zu P_2O_5 zu wenig K_2O und zu wenig N . Es ist nun soviel Abwasser zu geben, dass der Phosphorsäurebedarf des Grünlandes gedeckt wird. Der dann noch bestehende Kali- und Stickstoffmangel ist durch mineralische Düngung auszugleichen.

Eine Versäuerung des Bodens ist nicht zu befürchten: das pH wurde sogar etwas höher. Das Abwasser enthielt grosse Mengen CaO . Dieses rührt nicht von der Milch, sondern vom gebrauchten Wasser her. Da der Bestand wenig CaO aufnahm und die Analysenzahlen keine

Zunahme des Kalkgehaltes des Bodens aufwiesen, muss man bis auf weiteres annehmen, dass das Sickerwasser das CaO abführt.

Die Reinigung des Abwassers war in Tijnje und Jubbega sehr befriedigend. Es trat kein Gestank auf und das Wasser in den Gräben war nicht verunreinigt.

Bei Neuanlagen ist, damit die Düngung richtig sei, verhältnismässig eine grössere Verwertungsfläche zu wählen. Die Beschickungshöhe wird dann kleiner und die Reinigung noch vollständiger sein.

Beim Planen einer Beregnungsanlage für eine Molkerei sind zunächst die Menge und die chemische Zusammensetzung des Abwassers festzustellen. Die Kapazität der Anlage sollte so gross sein, dass in Dürrezeiten auch das Kühlwasser zur Wasserversorgung des Grünlandes verregnet werden kann.

Wenn in unmittelbarer Nähe beregnungsfähige Flächen vorhanden sind, betragen die Betriebskosten einer Beregnungsanlage für eine jährlich sechs Millionen kg Milch verarbeitende Fabrik etwa dreitausend Gulden jährlich. Die Betriebskosten einer Belebtschlammanlage oder eines Oxidationsgrabens zur Abwasserreinigung sind in der Regel höher. Die Verregnung von Molkereiabwasser ist in bestimmten Fällen ein billiges Reinigungsverfahren. Bei richtiger Anwendung kann man das Grünland normal bewirtschaften und Düngungskosten sparen. Ausserdem besteht die Möglichkeit, in Dürreperioden das Grünland mit genügend Wasser zu versehen.

Das Versuchs- und Beratungsinstitut für Acker- und Grünlandwirtschaft (P.A.W.) in Wageningen geht weiterhin dem Verlauf der botanischen Zusammensetzung des Grünlandes und der chemischen Zusammensetzung von Boden und Bestand auf verschiedenen Bodenarten nach.

SUMMARY

In the Netherlands, the purification of waste-water by means of flood irrigation of grassland, is applied only sporadically, since the experience gained in the past with this method was far from being favourable. The disappointments can be attributed however to an improper application of the method.

When the dairy industry appeared to be interested again in the purification of effluents by irrigation, this time by means of sprinkling, the Government Service for the Purification of Dairy Effluents, together with the former Central Institute for Agricultural Research, decided to carry out an investigation on the proper application of this purification method. The chemical composition of the effluents of a number of dairy factories was examined systematically and the consequences of the application of the waste-water on grassland were studied. This examination was carried out at the dairy factories Tijnje, Jubbega and Heeten in the years 1955 through 1957. At Tijnje the effluents were sprinkled on a peat soil, at Jubbega and Heeten on sandy soils. Sprinkling was only done during the growing season. Since the area that could be sprinkled was comparatively small, the quantity annually applied was considerable. For Tijnje it amounted 400 to 500 mm, for Jubbega 200 to 300 mm and for Heeten 850 mm per year.

At Heeten, difficulties as a result of the great quantities of water applied, did appear early. The soil became swampy and both the yield and the quality of the grassland decreased. At Tijnje and Jubbega the grass yield was high and the quality of the grassland improved.

The mineral composition of the grass had become less favourable however. The K_2O , P_2O_5 , Na_2O and Cl contents were higher, and those of CaO and MgO were lower than normal. This was in part a direct result of the fertilization with waste matter, but for quite a considerable part it was an indirect result. On account of the high production level, clovers and other herbs disappear from the sward and the mineral composition changes unfavourably. The ratio $K/(Ca + Mg)$, expressed in milli-equivalents, exceeded 2.2. The grass-tetany hazard, when dairy cattle is pastured on this grassland, is large under these conditions.

The alkaline earth alkalinity ($Ca + Mg - P$) of the grass on the trial fields had dropped far below the permissible level, which may result in bone defects in the dairy cattle.

The excess of base ($K + Na + Ca + Mg - Cl - P - S$) was also too low, and this

may lead to acid urine or haemoglobinurea. As, however, the grass on the trial plots was chiefly mown and only rarely grazed by cattle, none of these stock diseases were diagnosed.

This unfavourable mineral composition of the grass must not be considered as being an inevitable result of the sprinkling with dairy effluents, but is undoubtedly brought about by an incorrect dosage, which resulted in a far too high supply of potassium and phosphorus. When the ordinary standards of fertilization are duly observed, a fairly normal mineral composition of the grass can be expected.

The analyses of the chemical composition of the dairy effluents did show rather marked variations. As far as butter and cheese factories are concerned, the average ratio of $P_2O_5 : K_2O : N$ was 100 : 140 : 140.

There were indications, that the effect of the plant nutrients present in dairy effluents, is high. In drawing up a fertilization advice, it must be assumed that as far as N, K_2O and P_2O_5 in effluents that are applied during the growing season, are concerned, this effect is the same as that for artificial fertilizers. As compared with P_2O_5 , the effluents of butter and cheese factories contain too small quantities of K_2O and N. Such quantities of effluents should be applied, therefore, to supply the phosphate needs of the grassland. Any then still existing shortages of potassium and nitrogen will have to be compensated for by the application of artificial fertilizers.

There is no reason to fear that the soil, as a result of the application of dairy effluents, will become acid; on the contrary, a slight increase of the pH could be observed. The effluents appeared to contain considerable quantities of CaO. This substance is not a component of the milk, but is present both in water from wells and in municipal water. Since only small amounts of CaO were absorbed by the grass, and it does not appear from the soil-analysis figures that the calcium content in the soil rises, it must be assumed that the CaO is seeping to the subsoil.

The results obtained with the purification of the effluents at Tijnje and Jubbega were quite satisfactory; no complaints on odor were heard and the water in the ditches was not polluted. When in future new installations will be laid out, the area of grassland to be sprinkled should be larger in size, for a more proper fertilization. This will have the result that the total annual amount of applicated effluents will be smaller per unit area and that the purification will be still more complete. If a plan for a sprinkling installation must be made for a dairy factory, both the quantity and the chemical composition of the waste-water should be ascertained first. This sprinkling installation ought to have such a capacity that during prolonged spells of draught, the water used for cooling purposes can also be sprinkled to supply the grassland with sufficient water.

When in the immediate vicinity land fit for sprinkling is available, the operation costs of a sprinkling installation for a factory which annually processes six million kg milk, will amount to approximately Dfl. 3000.— per year. In case an activated sludge plant, biological filters or an oxidation ditch are used for the purification, the working costs will be higher as a rule. Under certain conditions the sprinkling of dairy effluents is a cheap method of purification. When this is properly carried out, the grassland can be managed in an ordinary way, while considerable savings can be made on fertilization costs. It is moreover always possible to supply the grassland, during dry spells, with sufficient quantities of water.

Research work on the development of botanical composition of the grassland and on the chemical composition of the soil and the crop over a longer period and for different types of soils will be carried out by the Research and Advisory Institute for Field Crop and Grassland Husbandry (P.A.W.).

XIV. LITERATUURLIJST

1. ANGERER, H.: *Nutzung und Wirtschaftlichkeit beim Abwasserreinigungsverfahren durch Landbehandlung*; Hannover 1955
2. BAARS, C. en J. A. KEUNING: *Verslag van de beregeningsproeven met zuivelafvalwater in 1955*; Gestencilde Mededelingen van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek. Jaargang 1956, nr. 19
3. BRANDSMA, S.: *Over de minerale bestanddelen en hun onderlinge betrekkingen in weidegras van normale bedrijven*; Mededelingen van de Landbouwhogeschool 54 (1954), p. 245—309
4. BROUWER, E.: *Intensivering en rundveevoeding*; De veevoeding in nieuwe banen, Landbouw 13 (1951), p. 108—130
5. BROUWER, E.: *Over de onderlinge verhouding der minerale basen in gras en hooi*; Maandblad voor de Landbouwvoorlichtingsdienst 8 (1951), p. 208—213
6. BROUWER, E.: *Over de zuren en basen in hooi, in normaal gras en in gras dat aanleiding geeft tot haemoglobinurie (bloedwateren) of tot grastetanie (kopziekte) bij runderen*; Mededelingen van de Landbouwhogeschool 51 (1951), p. 91—112
7. GRAAF, A. W. DE: *Zuivelindustrie, Watervervuiling en Afvalwaterzuivering*; Ons Zuivelblad 9 (1957/58), nr. 3, 4 en 5
8. HART, M. L. 't en A. KEMP: *Voorlopige resultaten van een onderzoek naar het optreden van kopziekte bij rundvee*; Landbouwvoorlichting 13 (1956), p. 114—121
9. HART, M. L. 't en A. KEMP: *De invloed van de weersomstandigheden op het optreden van kopziekte bij rundvee*; Tijdschrift voor Diergeneeskunde 81 (1956), p. 84—95
10. HOPMANS, J. J.: *Geschiedenis van de verwijdering van vloeibare afvalstoffen*; Land en Water 3 (1959), nr. 3 en 4
11. KEMP, A. and M. L. 't HART: *Grass tetany in grazing milking cows*; Netherlands Journal of Agricultural Science 5 (1957), p. 4—17
12. KEMP, A.: *Influence of fertilizer treatment of grassland on the incidence of hypomagnesia and hypomagnesaemic tetany (grass tetany) in milking cows*; Netherlands Journal of Agricultural Science 6 (1958), p. 281—297
13. KEMP, A.: *Landbouwkundige aspecten van het kopziektevraagstuk*; Tijdschrift voor Diergeneeskunde 8 (1959), p. 469—484
14. KLEIJ, F. K. VAN DER: *De betekenis van tweezaadlobbige graslandplanten voor de minerale samenstelling van weidegras*; Proefschrift Wageningen (1957)
15. PASVEER, A.: *Eenvoudige afvalwaterzuivering*; Rapport nr. 26 Instituut v. Gezondheidstechniek T.N.O.
16. SCHAAFSMA, J. H. A.: *Het vraagstuk van de afvalwateren der zuivelindustrie*; Ned. Melken Zuiveltijdschrift 3 (1949), nr. 2
17. SCHAAFSMA, J. H. A.: *Verregenen van zuivelafvalwater*; Ned. Weekblad v. Zuivelbe-reiding en Handel 58 (1952), 24 en 25
18. SCHAAFSMA, J. H. A.: *Reiniging en utilisatie van zuivelafvalwater door beregening van wei- en bouwland*; Landbouwkundig Tijdschrift 65 (1953), nr. 4
19. STIJMANS, J.: *Waterbezoedeling en Afvalwaterreiniging in de Zuivelnijverheid*; Techn. Wetenschappelijk Tijdschrift, België 20 (1951), nr. 9
20. WESCHE, J. und C. HUSEMANN: *Untersuchungen über den Nährstoffwert verschieden vorbehandelter Siedlungsabwässer*; Der Kulturtechniker 48 (1960) en Zeitschrift für Kulturtechnik 1 (1960)
21. *Demonstratie R.A.A.D. — proefzuiveringsinstallatie bij de N.V. Nutricia te Zoetermeer*; Alg. Zuivelblad 1957, nr. 14, 15

INHOUDSOPGAVE

	<i>Blz.</i>
1. Inleiding — Ir. A. W. de Graaf	3
2. Doel van het onderzoek — Ir. C. Baars	6
3. Uitvoering van het onderzoek — Ir. C. Baars	7
4. Grondgesteldheid van de proefvelden — Ir. C. Baars	9
5. Weersgesteldheid — Ir. C. Baars	12
6. Toegediende hoeveelheid afvalwater — Ir. C. Baars	14
7. Samenstelling van het afvalwater — Ir. A. W. de Graaf	16
8. Invloed van het afvalwater op grond en gewas —	
Ir. C. Baars en J. A. Keuning	24
1. Invloed op de grond	24
2. Invloed op de grasopbrengst	28
3. Invloed op de botanische samenstelling van het grasland	30
4. Invloed op de minerale samenstelling van het gras en de gezondheids- toestand van het vee	34
9. De juiste dosering van zuivelafvalwater en de noodzakelijke aanvul- lende bemesting — Ir. C. Baars	43
10. De verregening van afvalwater als zuiveringsmethode — Ir. A. W. de Graaf	46
11. Apparatuur voor het verregenen van zuivelafvalwater — Ir. C. Baars en Ir. A. W. de Graaf	49
12. Kosten en baten van het verregenen van zuivelafvalwater, in verge- lijking met de kosten van andere zuiveringssystemen — Ir. C. Baars en Ir. A. W. de Graaf	55
13. Samenvatting — Ir. C. Baars	60
Zusammenfassung	62
Summary	63
14. Literatuurlijst	65

